



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,  
Canales y Puertos.*  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



# COMPARATIVA ENTRE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS DE RENOVACIÓN DE VÍA ENTRE TORQUEMADA Y QUINTANILLEJA. LÍNEA 100: MADRID – HENDAYA

Trabajo realizado por:

*Angel Corrales Novoa*

Dirigido:

*Roberto Sañudo Ortega*

*Luigi dell'Ollio*

Titulación:

## Grado en Ingeniería Civil

TRABAJO FIN DE GRADO

Santander, septiembre de 2020

## RESUMEN

El presente proyecto "COMPARATIVA ENTRE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS DE RENOVACIÓN DE VÍA ENTRE TORQUEMADA Y QUINTANILLEJA. LÍNEA 100: MADRID – HENDAYA" ha sido realizado por el alumno Angel Corrales Novoa como Trabajo de Fin de Grado en 4º de Ingeniería Civil en la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de Santander. Este proyecto ha sido dirigido por los profesores Roberto Sañudo Ortega y Luigi dell'Ollio

Dada la inexistencia de una metodología específicamente marcada, el TFG surge como necesidad de establecer una metodología a la hora de realizar las renovaciones de tramos de línea de ferrocarril.

A lo largo del trabajo se desarrolla una metodología a implantar en el mantenimiento predictivo del administrador de infraestructura. Esta metodología se aplica al caso práctico de la renovación del tramo entre Torquemada y Quintanilleja perteneciente a la línea 100 Madrid – Hendaya.

La línea 100 Madrid – Hendaya es uno de los ejes vertebradores de la RFIG (Red Ferroviaria de Interés General. Actualmente circulan por ella cerca de 300 trenes semanales de los que aproximadamente un tercio son trenes de mercancías con destino los distintos puertos del norte de España.

En este caso práctico se realiza una comparativa económica y constructiva/mantenimiento de los siguientes elementos de la superestructura:

- Desvíos
- Traviesa
- Carril

Una vez establecida la comparativa se ha procedido a establecer y justificar la mejor solución para el tramo objeto de estudio.

**PALABRAS CLAVE:** *Planificación ferroviaria, mantenimiento ferroviario, superestructura, renovación de vía.*

## ABSTRACT

The current project "Comparative between the different superstructure renewal alternatives between Torquemada and Quintanilleja, Line 100: Madrid – Hendaya, has been realized by Angel Corrales Novoa a final work for his graduate Civil Engineering at the Superior Technical School of Caminos canales y puertos de Santander. This project has been directed by researcher and associate professors Roberto Sañudo Ortega and Luigi dell'Ollio.

Railway renewal has not a specific methodology. Therefore, this work came out as a necessity to establish a new methodology when we realize railway renewal.

Across this work a methodology is develop to be implemented in predictive railway maintenance. This methodology applies to a practical case the renewal of the section between Torquemada y Quintanilleja belonging to Line 100: Madrid – Hendaya

The Line 100: Madrid – Hendaya is one of the most important line of the Spanish RFIG. Nowadays 300 trains every week use this line and approximately the third part are freight trains with destination the ports of the north of Spain.

In this practical case an economical – construction/ maintenance comparative of the following elements is made:

- Turnouts
- Sleepers
- Rails

Once the comparative is made, we proceed to establish and justify the best solution for the studied section.

**KEYWORDS:** *Railway planning, railway maintenance, superstructure, track renewal.*

## Índice

1. Introducción .....	7
2. Objetivos del presente trabajo .....	8
3. Metodología. Planteamiento del proyecto de renovación .....	9
4. CASO PRÁCTICO. ANTECEDENTES. ....	11
4.1. Definición y localización de la zona de actuación .....	11
5. DEFINICION DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES. ....	17
6. DESVÍOS .....	28
6.1. Consideraciones Constructivas y de mantenimiento .....	28
6.2. Consideraciones Económicas.....	29
6.2.1. Desvío A por P .....	29
6.2.2. Desvío A por C .....	35
6.3. Discusión. ....	41
7. TRAVIESAS .....	43
7.1. Consideraciones Constructivas y de mantenimiento.....	44
7.2. Consideraciones Económicas.....	46
7.2.1. Traviesa de Madera.....	46
7.2.2. Traviesa de Hormigón .....	48
7.3. Discusión. ....	49
8. CARRIL .....	51
8.1. Consideraciones Constructivas y de mantenimiento.....	51
8.2. Consideraciones Económicas.....	52
8.3. Discusión. ....	53
9. BALASTO .....	54
10. SOLUCIÓN ADOPTADA .....	56
11. CONCLUSIONES .....	57
12. Bibliografía.....	58

## Índice de Figuras

1-	Figura 1: Esquema metodología de renovación.....	10
2-	Figura 2: Visión global del tramo .....	11
3-	Figura 3: Esquema de vías Estación de Quintana del Puente.....	12
4-	Figura 4: Edificio de viajeros de la Estación Quintana del Puente.....	12
5-	Figura 5: Esquema de vías Estación de Villodrigo .....	13
6-	Figura 6: Edificio de viajeros de la Estación de Villodrigo .....	13
7-	Figura 7: Esquema de vías Estación de Villaquirán.....	14
8-	Figura 8: Edificio de viajeros de la estación de Villaquirán .....	14
9-	Figura 9: Esquema de vías estación de Estepar .....	15
10-	Figura 10: Edificio de viajeros de la estación de Estepar .....	15
11-	Figura 11: Esquema de un desvío tipo A.....	16
12-	Figura 12: Partes de un desvío .....	17
13-	Figura 13: Esquema cambio.....	18
14-	Figura 14: Cruzamiento .....	18
15-	Figura 15: Traviesas largas de hormigón zona cruzamiento .....	19
16-	Figura 16: Desvío tipo P premontado esperando a ser instalado.....	20
17-	Figura 17: Desvío tipo C premontado esperando a ser instalado .....	21
18-	Figura 18: Instalación Cuerpo agujas desvío C.....	22
19-	Figura 19: Acopio Traviesa de Madera de Roble.....	24
20-	Figura 20: Acopio Traviesa de Hormigón PRVE .....	25
21-	Figura 21: Carril UIC 60 .....	26
22-	Figura 22: Perfil carril UIC54 .....	27
23-	Figura 23: Perfil carril UIC60 .....	27
24-	Figura 24: Alzado traviesa PR-VE .....	43
25-	Figura 25: Esquema sujeción traviesa PR-VE .....	43
26-	Figura 26: Esquema traviesa de Madera .....	44
27-	Figura 27: Traslado de una pareja de vía.....	45
28-	Figura 28: Curva granulométrica balasto .....	54

## Índice de tablas

1- Tabla 1: Unidades de Obra desvío tipo P .....	30
2- Tabla 2: Unidades de Obra desvío tipo C.....	35
3- Tabla 3: Cuadro Comparativo desvíos.....	41
4- Tabla 4: Unidades de Obra sustitución traviesas de madera .....	47
5- Tabla 5: Unidades de Obra sustitución traviesas de Hormigón.....	48
6- Tabla 6: Cuadro Comparativo traviesas.....	49
7- Tabla 7: Cuadro precios suministro de carril.....	52
8- Tabla 8: Coste estimado Total.....	56

# 1. Introducción

El objeto de este Trabajo fin de grado es establecer una comparativa económica, constructiva y de explotación a la hora de renovar el tramo de superestructura de la línea 100 Madrid – Hendaya comprendido entre las estaciones de Torquemada (excluida) y Quintanilleja (excluida).

Detectada una carencia en una metodología de renovación de vía actual (prácticamente inexistente), la motivación fundamental a la hora de hacer este trabajo en primer lugar establecer una nueva metodología para plantear una renovación de vía de forma estructurada y ordenada de un tramo de ferrocarril a través de un análisis exhaustivo de las distintas opciones existentes a la hora de realizar el mantenimiento preventivo en renovaciones de vía. A partir de este análisis se busca encontrar la mejor solución ante un problema que es habitual en el mantenimiento de las líneas de ancho ibérico en España.

Generalmente las renovaciones de vía se llevan a cabo cuando los materiales de la vía han alcanzado su vida útil o están próximos a alcanzarla.

Normalmente el administrador u operador de infraestructuras tienen unos límites de calidad de la vía, los cuales una vez superados hacen necesaria la renovación total o parcial de todos los elementos para mantener las condiciones de comodidad y de seguridad.

A veces estos límites no están muy claros y pueden variar de unos años a otros. El presente trabajo no entra en la valoración de estos criterios de calidad sino en la determinación de la metodología una vez que estos ya se han superado y es necesaria la renovación.

## 2. Objetivos del presente trabajo

España es un país líder en construcción de vías de ferrocarril, especialmente en vías convencionales y de alta velocidad. Sin embargo, esta infraestructura requiere mantenimiento y renovación, operaciones mucho más importantes que la propia construcción una vez realizada la misma. Por ello es necesario dedicar y orientar esfuerzos hacia un mantenimiento óptimo, eficaz y sobre todo rentable en el tiempo que no conlleve grandes costes para la operación de la infraestructura ferroviaria. En este sentido este trabajo persigue este sentido. Aumentar la eficacia de este tipo de operaciones, en este caso una renovación de vía entre dos estaciones.

El presente TFG presenta una metodología para la realización de los proyectos de renovación de vía de una forma eficaz y justificada. Para ello, se plantea a modo de ejemplo práctico una renovación de vía entre las estaciones de TORQUEMADA Y QUINTANILLEJA. LÍNEA 100: MADRID – HENDAYA.

Los objetivos del trabajo presentado se pueden resumir en los siguientes:

- Establecer una metodología ordenada para la renovación de vía que pueda resultar útil en las futuras renovaciones de vía.
- Definir las fases dentro de la metodología desarrollada.
- Utilizar la metodología definida para valorar una renovación real de vía.
- Sentar las bases del desarrollo ordenado y estructurado en las renovaciones de vía.



### 3. Metodología. Planteamiento del proyecto de renovación

Actualmente el Administrador de Infraestructura no dispone de ningún procedimiento interno en el que se establezca el camino a seguir a la hora de planificar las renovaciones de la extensa red española. Hasta ahora cuando se disponía de una dotación presupuestaria adecuada se procedía a renovar aquellos tramos en los que existía una necesidad apremiante de renovación.

Además de esto existen contratos de mantenimiento pero que no abordan las renovaciones integrales y se centran únicamente en problemas puntuales (mal estado del desvío, roturas de carriles, desprendimientos, etc.).

Es necesaria una planificación integral a largo plazo del que podemos llamar gran mantenimiento preventivo, es decir, las renovaciones de vía integrales de varios kilómetros.

Es necesario un cambio en la mentalidad del mantenimiento predictivo de la actual organización en España.

En este TFG se plantea una metodología sencilla y estructurada (y a la vez más ingenieril) consistente en los siguientes pasos:

- 1- Dentro de cada territorio y a partir de los Índices de calidad se pueden establecer la calidad de determinados tramos de vía. A partir de estos índices se pueden generar listados ordenados de necesidades de mantenimiento. Estos índices de calidad se obtienen a partir de los registros obtenidos del tren auscultador, así como de las revisiones que realiza el personal del administrador de infraestructura.
- 2- Una vez definimos el tramo afectado a renovar, es necesario localizar dentro del tramo los elementos más propensos a ser renovados. En este caso los elementos de la superestructura son Carril, traviesas, balasto, aparatos de vía (desvíos, juntas de dilatación, engrasadores de carril, etc....) y pequeño material de vía (sujeciones, juntas, soldaduras, etc....).
- 3- Valoración y análisis de todos los elementos previamente definidos en el tramo, valoración técnica (consideraciones constructivas y de puesta en obra) y económica (coste de materiales y ejecución).

Todos los elementos previamente definidos tienen un coste de material y de ejecución. Del mismo modo, esta ejecución puede ser sencilla o más difícil

dependiendo de las características del tramo, del elemento y del periodo en que se realice su sustitución.

- 4- Justificación de la decisión adoptada. Una vez realizado el análisis anterior, es necesario ver cuál es la solución más conveniente. Generalmente es el criterio económico el más dominante a la hora de elegir una solución, sin embargo, hay que tener en cuenta otros criterios que pueden llegar a ser igual o más importantes como son la seguridad o la valoración medioambiental.

En el esquema siguiente se puede apreciar la metodología en 4 etapas que se ha implementado.

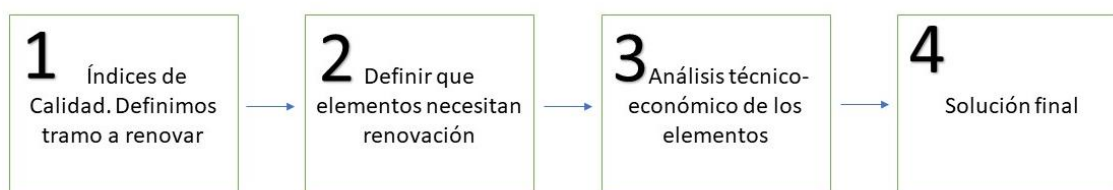


Figura 1 – Esquema metodología de renovacion

A continuación, se procede a realizar un ejemplo práctico. En este ejemplo hemos supuesto que el tramo en peor estado del territorio Norte es el comprendido entre Torquemada y Quintanilleja y hemos procedido a hacer el análisis a partir del punto 2. El punto 1 necesita de un grado de análisis y datos del que no es capaz de abarcar un proyecto fin de grado.

El trabajo se estructura de forma siguiente. En el siguiente capítulo se establece una localización la zona donde se va a llevar a cabo la actuación de renovación y las condiciones de las que partimos. Seguido se llevará a cabo la locación y determinación de los elementos de la vía que se necesitan renovar, estos elementos se caracterizaran y se valoraran desde el punto de vista económico y constructivo decidiendo cuál de los elementos se utilizara en la renovación mediante una discusión al final de cada elemento valorado.

Finalmente se realiza una recopilación de los elementos elegidos para la renovación de vía.

El trabajo culmina con unas conclusiones obtenidas durante la ejecución del mismo.

## 4. CASO PRÁCTICO. ANTECEDENTES.

### 4.1. Definición y localización de la zona de actuación

La línea objeto de este trabajo es uno de los ejes vertebradores en España. La línea comunica directamente la capital con la frontera francesa en Irún. Por el camino atraviesa importantes capitales de provincia como Valladolid o Burgos, así como importantes nudos ferroviarios como son Medina del Campo o Miranda de Ebro. Esta línea también enlaza con las líneas que van a Pamplona, Santander o Bilbao.

Fruto de esta importancia es muy numeroso los tráficos que se dan en los distintos sectores. Tiene especial importancia el tráfico de mercancías con salida a la frontera o a los distintos puertos.

El tramo que se pretende estudiar esta comprendido entre el PK 302/733 (señal de entrada a la estación de Torquemada lado par: E2 y E4) y el PK 359/104 (señal de entrada a la estación de Quintanilleja lado Impar: E1 y E3).

En este tramo se encuentran las siguientes estaciones:

- Quintana del Puente (PK 316/952)
- Villodrigo (PK 327/770)
- Villaquirán (PK 339/482)
- Estepar (PK 350/436)

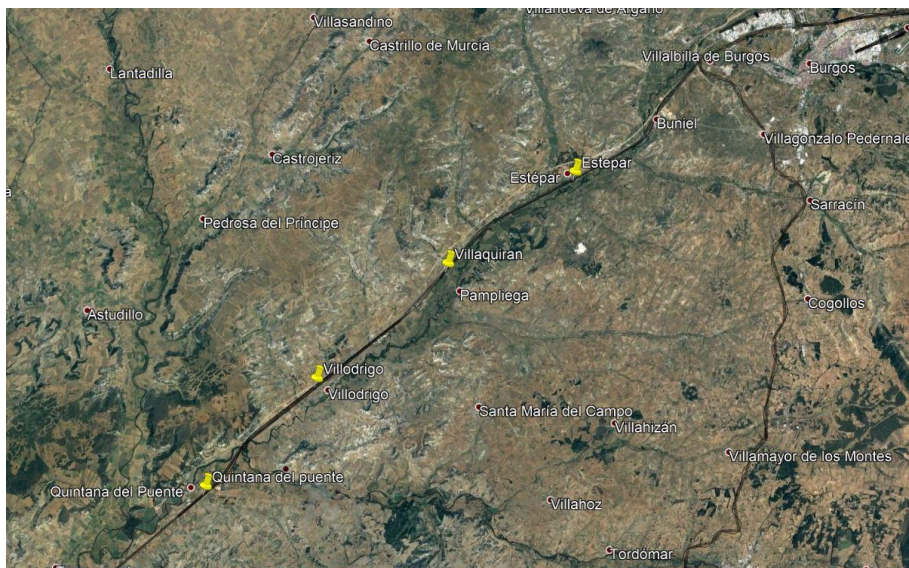


Figura 2 – Visión global del tramo

A continuación, se muestran los esquemas de vías de cada una de las estaciones donde se puede ver la disposición y cantidad de los desvíos instalados.

### QUINTANA DEL PUENTE

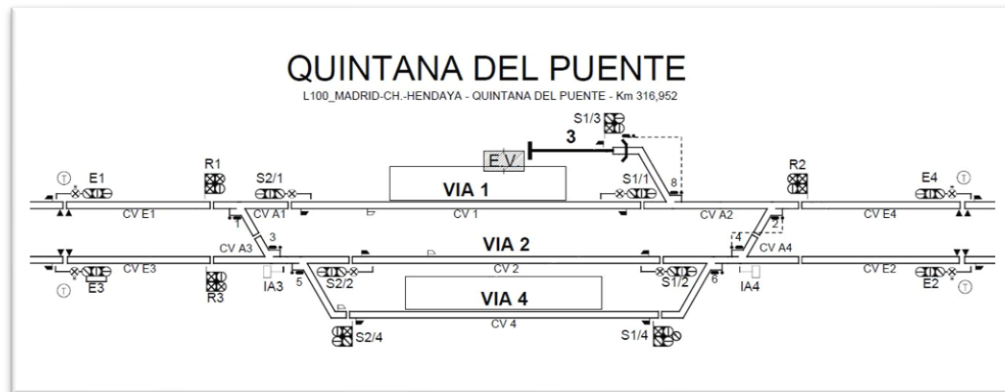


Figura 3 – Esquema de vías Estacion de Quintana del Puente



Figura 4 – Edificio de viajeros de la Estacion Quintana del Puente

La estación de Quintana del Puente consta de 2 vías de circulación (vías 1 y 2). Desde la vía 2 se puede acceder a una vía de apartado y cruce (vía 4) y desde la vía 1 se puede acceder a una vía mango de corta longitud que termina en topera (vía 3). Para el servicio de las vías la estación consta de 2 andenes bajos que dan acceso a los trenes estacionados en vías 1,2 y 4.

## VILLODRIGO

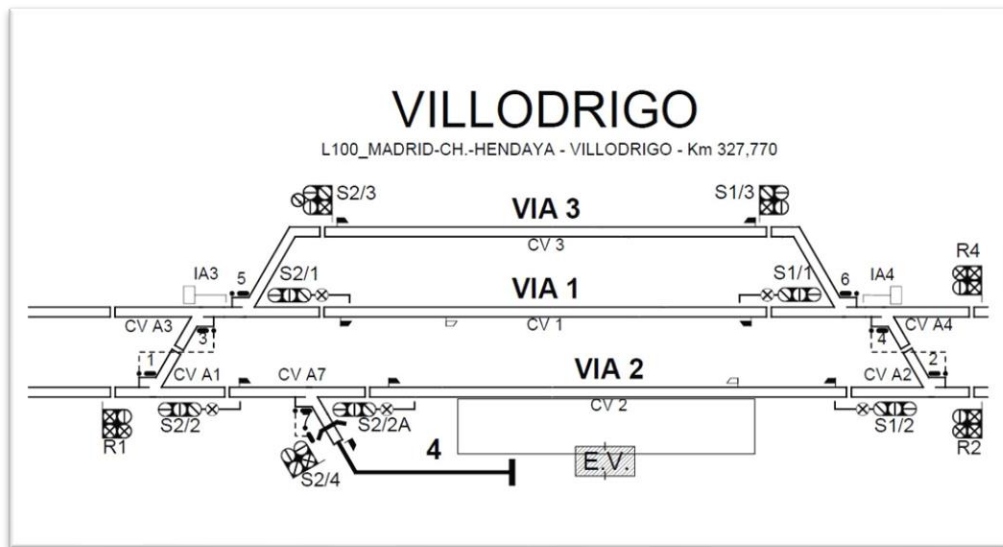


Figura 5 – Esquema de vías Estacion de Villodrigo



Figura 6 – Edificio de viajeros de la Estacion de Villodrigo

La estación de Villodrigo consta de 2 vías de circulación (vías 1 y 2). Desde la vía 1 se puede acceder a una vía de apartado y cruce (vía 3) y desde la vía 2 se puede acceder a una vía mango de corta longitud que termina en topera (vía 4). Para el servicio de las vías la estación únicamente de un andén bajo que da acceso a los trenes estacionados en vía 2.



## VILLAQUIRÁN

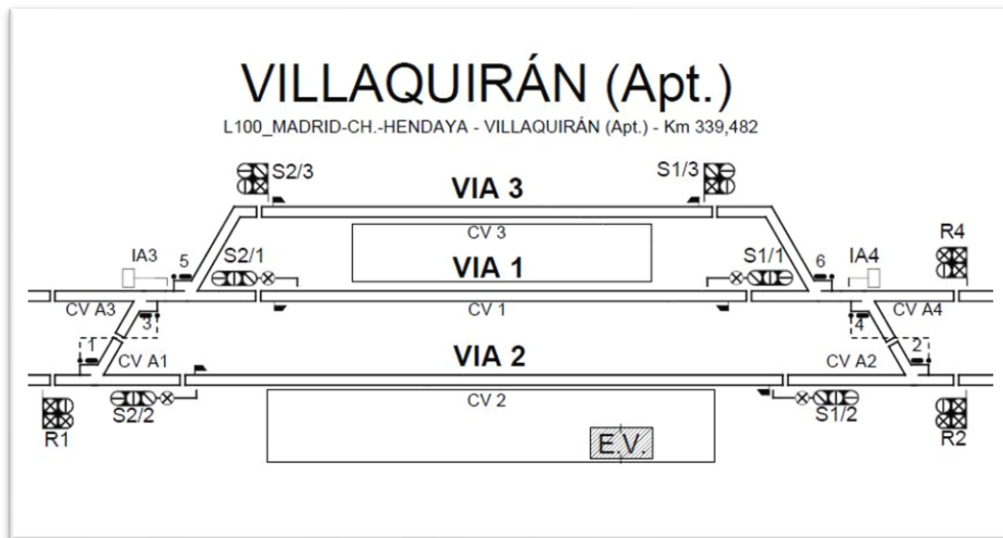


Figura 7 – Esquema de vías Estacion de Villaquiran



Figura 8 – Edificio de viajeros de la estacion de Villaquiran

La estación de Villaquirán consta de 2 vías de circulación (vías 1 y 2). Desde la vía 1 se puede acceder a una vía de apartado y cruce (vía 3). Para el servicio de las vías la estación tiene 2 andenes que dan acceso a las circulaciones estacionadas en las vías 1, 2 y 3.

## ESTEPAR



Figura 9 – Esquema de vías Estacion de Estepar



Figura 10 – Edificio de viajeros de la estacion de Estepar

La estación de Estepar consta de 2 vías de circulación (vías 1 y 2). Desde la vía 2 se puede acceder a una vía de apartado y cruce (vía 4) y desde la vía 1 se puede acceder a una vía mango de corta longitud que termina en topera (vía 3). Para el servicio de las vías la estación consta de 2 andenes bajos que dan acceso a los trenes estacionados en vías 1,2 y 4.

Todos los desvíos instalados en las estaciones objeto son desvíos tipo A, desvíos con juntas que llevan asociados aparatos de dilatación para evitar las deformaciones.

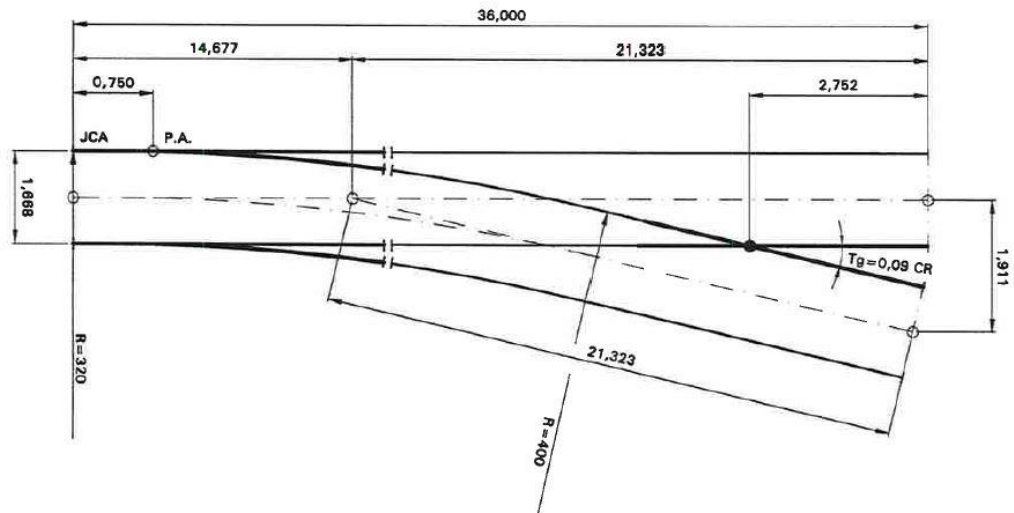


Figura 11 – Esquema de un desvío tipo A

De los esquemas de vías podemos obtener el número de desvíos tipo A instalados que para cada estación son los siguientes:

- Quintana del Puente: 7 desvíos
- Villodrigo: 7 desvíos
- Villaquirán: 4 desvíos
- Estepar: 7 desvíos

Se ha considerado que los escapes son 2 desvíos. Si bien no es correcto en el nivel de análisis en el que se encuentra permite establecer comparativas con una única variable.

En lo que respecta al armamento de vía en trayecto nos encontramos con traviesas tipo RS instaladas en los años 80. El carril en su totalidad es carril UIC 54. En cuanto a las fechas de instalación del carril hay una amplia diversidad, si bien la mayoría del carril data de los años 80 y 70.



## 5. DEFINICION DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES.

Como queda expuesto en la introducción, la infraestructura del tramo objeto de análisis está en muy mal estado. El periodo de vida útil ha llegado a su fin y a consecuencia de esto son muchas las incidencias que se dan en este tramo. Se hace necesaria una actuación que solución a la problemática actual de este tramo de vía, por motivos de integridad (comodidad y seguridad).

A lo largo de este trabajo se van a realizar una serie de comparativas que permitan decidir cuál es la mejor solución a corto y a largo plazo.

El primer elemento a estudiar son los desvíos.

El desvío es un aparato de vía que permite la separación de una vía férrea en dos o varias, cuyos ejes se acuerdan tangencialmente con el de la primera o formando un ángulo muy pequeño con él.

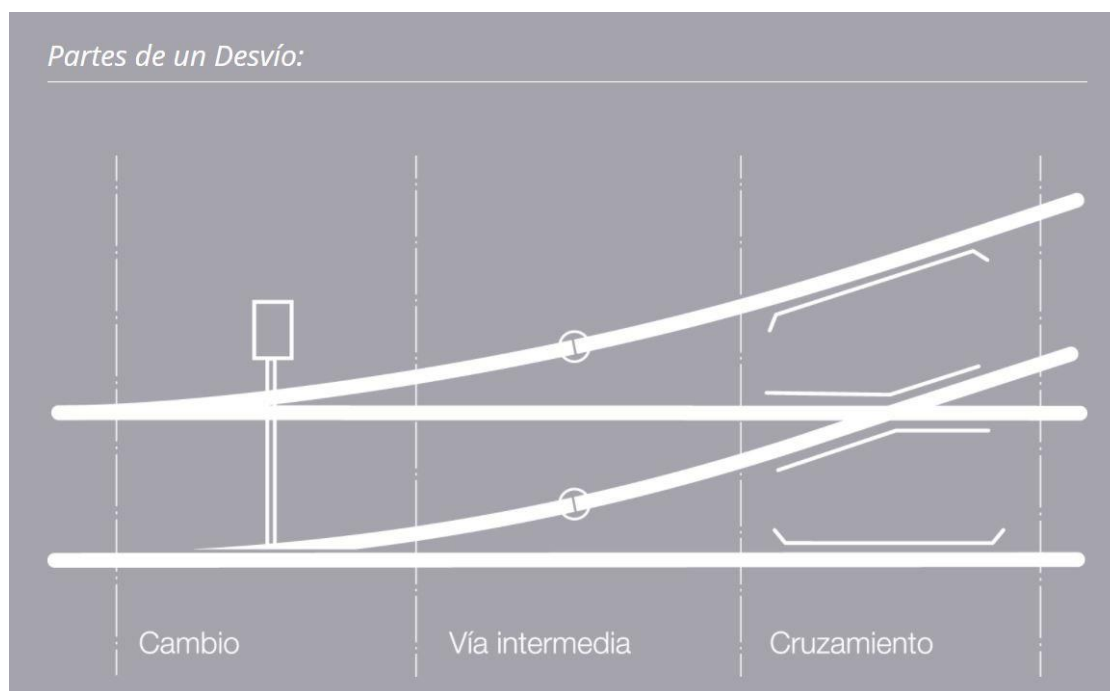


Figura 12: Partes de un desvío

Según se aprecia en la figura 12, los desvíos se forman a partir de tres elementos, unidos por cupones de vía normal llamados carriles intermedios. Dichos elementos son:

- El cambio, en el que se separan, dos a dos, los 4 carriles de las 2 vías. El cambio esta formado por 2 cuerpos de aguja-contraguja o semicambios. Los semicambios son las partes móviles del desvío salvo el extremo más próximo al

cruzamiento, llamado talón, que es fijo. Los semicambios son accionados a través de procedimientos hidráulicos, eléctricos, mecánicos o manuales. Ambas agujas se mueven de manera solidaria.

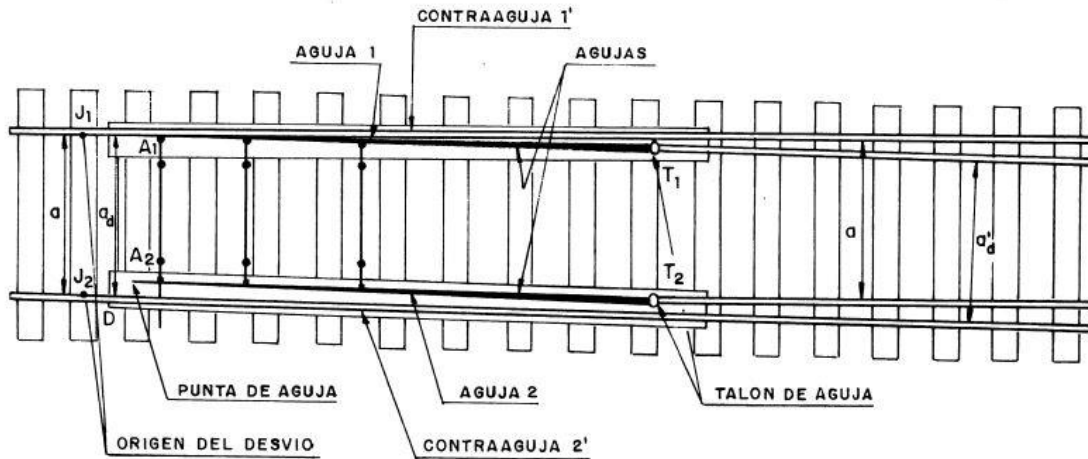


Figura 13: Esquema cambio

- Los carriles intermedios o de unión, que conectan dicho cambio con el cruzamiento.
- Cruzamiento, en el que se materializa el corte del carril derecho (izquierdo) de la vía directa con el carril izquierdo (derecho) de la vía desviada. Esta formado por corazón, contracarriles y carriles. Por lo general el corazón esta construido en acero al manganeso, ya que es el elemento que mas sufre en un desvío.

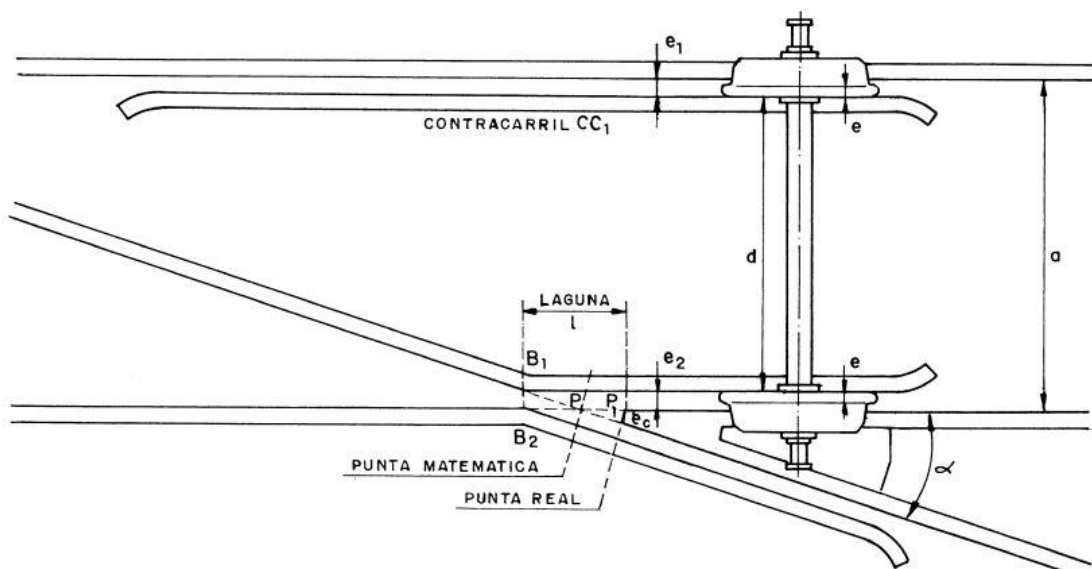


Figura 14: Cruzamiento

Es fundamental sustituir los desvíos tipo A de las estaciones. La tecnología está obsoleta y no permite la BLS (Barra Larga Soldada). La existencia de juntas en la vía siempre es un problema para el mantenimiento. Cada vez que un eje pasa por una junta se produce un golpe, con millones de golpes anuales se dan problemas de rotura y aplastamiento con el consiguiente riesgo de descarrilo del tren. Para la sustitución se plantearán 2 soluciones, Desvíos P: Desvíos soldables con traviesa de hormigón o Desvíos tipo C: Desvíos soldables con traviesa de Madera.

Los desvíos tipo P son la mayor evolución tecnológica en cuanto al ancho ibérico. Son desvíos que tienen traviesas de hormigón y no presentan juntas. Además, una vez instalados permiten la soldadura por los extremos a los tramos de vía general.



Figura 15: Traviesas largas de hormigón zona cruzamiento

La longitud del desvío va desde los 37 m para un tangente 0.11 a los 79 metros para un tangente 0,042.

Por lo general solo llevan un accionamiento eléctrico, aunque los de mayor longitud pueden llevar hasta 3.

Estos desvíos permiten una velocidad de paso por vía directa de hasta 200 km/h y una velocidad de entre 50 y 110 km/h en el resto.





Figura 16: Desvío tipo P premontado esperando a ser instalado

El desvío tipo C es el paso tecnológico anterior al desvío tipo P. Son desvíos que permiten la soldadura con las vías adyacentes y que no presentan juntas, pero sus traviesas son de madera.

La longitud de estos desvíos está más acotada yendo desde los 34 metros para el desvío tangente 0,11 a los 44 metros para los desvíos tangente 0.075.



Figura 17: Desvío tipo C premontado esperando a ser instalado

Estos desvíos permiten un paso por vía directa que va de los 160 km/h para la tangente 0,11 a los 200 km/ en el resto. Por el contrario, el paso por vía desviada es considerablemente inferior a los desvíos tipo P, teniendo unas velocidades de entre 40 y 60 km/h



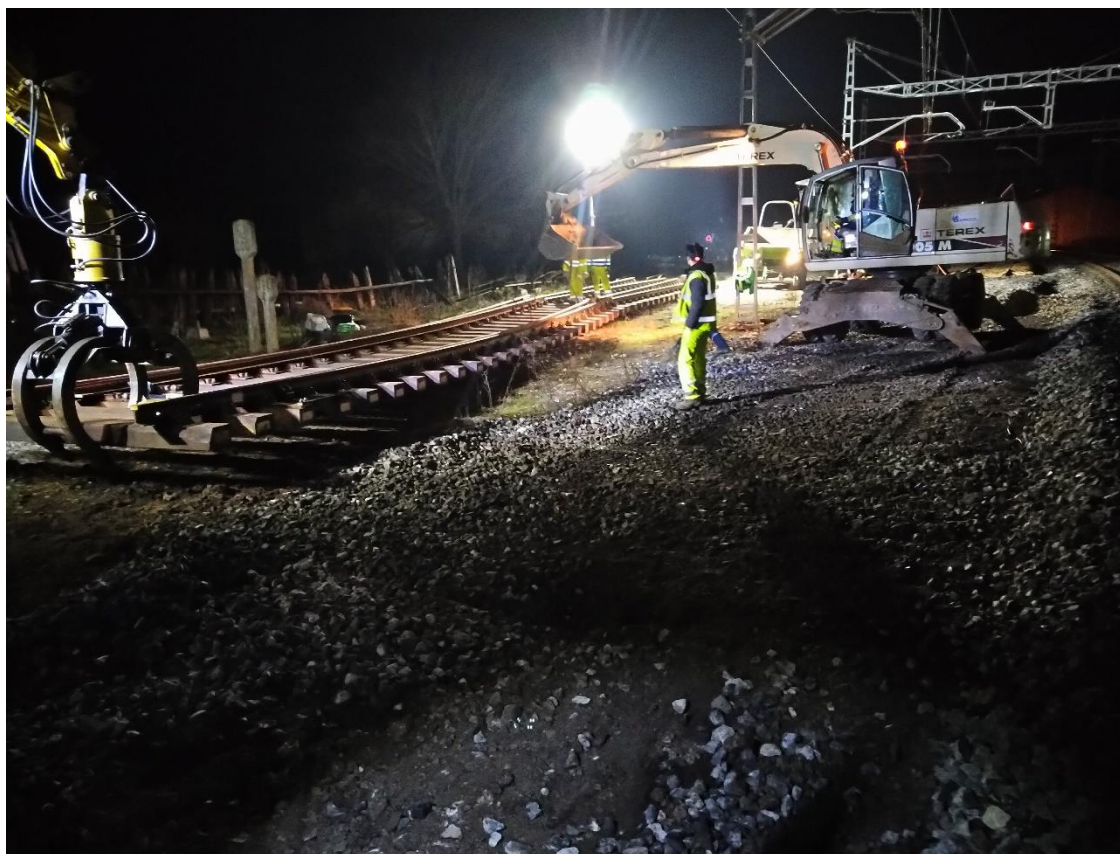


Figura 18: Instalación Cuerpo agujas desvío C

El siguiente punto a comparar son las traviesas.

Las traviesas son elementos que se sitúan en dirección transversal al eje de la vía, sobre los que se colocan los carriles y constituyen a través de la sujeción el nexo o elemento de unión entre el carril y el balasto, formando con aquél el armazón o emparrillado de la vía.

La carga de la rueda actúa directamente sobre el carril transmitiéndole tensiones elevadas. La traviesa recibe estas tensiones y las transmite, atenuadas, a la capa de balasto que posee reducida capacidad portante; finalmente la plataforma recibe, atenuadas por el balasto, las tensiones, que habrán de ser compatibles con su capacidad resistente y deformacional.

Las misiones fundamentales de la traviesa en una vía de ferrocarril son fundamentalmente 3:

- a) Transmitir y repartir las cargas del carril al balasto a través de su superficie de apoyo. En este sentido hay que anotar el hecho de que un falso apoyo de la traviesa (desnivelación de 3 mm) supone doblar los momentos estáticos del carril al paso de la carga.

- b) Asegurar el ancho de vía arriostrando los carriles.
- c) Inclinar el carril Vignole 1/20 hacia el interior, condición obligada por las llantas troncocónicas para compensar la tendencia al vuelco. En algunos casos se utiliza el cajeado y en otros se utiliza la placa de asiento.

Los materiales que pueden ser empleados en la manufactura de traviesas son los siguientes:

- Madera.
- Acero.
- Fundición.
- Hormigón armado.
- Hormigón pretensado.
- Materiales sintéticos.

El administrador de infraestructuras en renovaciones de vía tiende a la instalación de traviesas de hormigón monobloque para vía general. Dentro de las traviesas monobloque se pueden elegir entre traviesas PR-VE (polivalentes y que permiten un cambio de ancho futuro) o traviesa MR-93, traviesa de hormigón pretensado para ancho ibérico. La otra opción es la instalación de traviesa de madera con sujeción SKL-12 que permitiría la BLS.

En este estudio solo se va a considerar la traviesa PR-VE y las traviesas de madera, no se tienen en cuenta las traviesas MR-93 ya que su coste es similar a la PR-VE, pero no permite la transición al ancho estándar.



Figura 19: Acopio Traviesa de Madera de Roble

La traviesa de madera se utiliza a día de hoy principalmente en renovaciones de vía secundarias o renovaciones de vía que no reciben tráficos significativos. Además de estos las traviesas de madera se utilizan en el interior de los túneles.





Figura 20: Acopio Traviesa de Hormigón PRVE

El ultimo elemento a considerar es el carril.

Los carriles constituyen el elemento fundamental y característico del camino de rodadura.

Existen entre la vía y los vehículos que por ella circulan, interacciones dinámicas muy fuertes, puesto que los vehículos ejercen esfuerzos estáticos y dinámicos sobre la vía y las imperfecciones de ésta afectan a la estabilidad de los vehículos. Los vehículos ejercen sobre la vía esfuerzos en tres direcciones: longitudinal, vertical y transversal.

Los longitudinales son debidos esencialmente a las aceleraciones y frenados, así como a la variación térmica, son poco importantes y solamente deben ser considerados en ciertas Obras de Fábrica. Los verticales quedan normalmente dentro del límite elástico de la vía. por lo que no causan normalmente problemas. Los transversales, por contra, motivan la deformación permanente de la vía. al ser este límite elástico mucho más reducido. Estos tres esfuerzos serán estudiados con detalle en otro tema, pero ya podemos decir que, transmitidos por las ruedas a los carriles, la primera misión del carril es soportarlos y transmitirlos a su vez a los oíros elementos que componen la estructura de la vía.

La segunda misión es guiar el vehículo, lo que realiza gracias a la forma de su cabeza y a las pestañas de que están dotadas las ruedas. Se producen, por ello, desgastes en ambas.

La tercera misión es servir de conductor de las corrientes de señalización, así como de circuito de retorno en caso de tracción eléctrica.

Aunque históricamente han existido muchos perfiles de carril distintos (Brunel, doble cabeza o de garganta) es el carril Vignole el que ha sobrevivido y el más usado.



Figura 21: Carril UIC 60

Actualmente el carril Vignole está estandarizado internacionalmente. La norma europea ha estandarizado las medidas y los pesos. La principal diferencia entre los distintos tipos de carril es el peso. El peso se expresa en kg/m en la referencia del carril. Así tenemos carriles UIC54 que tienen 54 kg de acero por metro lineal o UIC 60 con 60 kg.

Aunque existen muchos más tipos de carril los más usados en la red española para las renovaciones son el UIC 54 y el UIC 60.

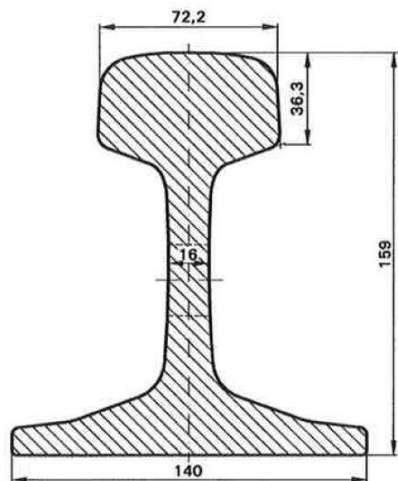


Figura 22: Perfil carril UIC54

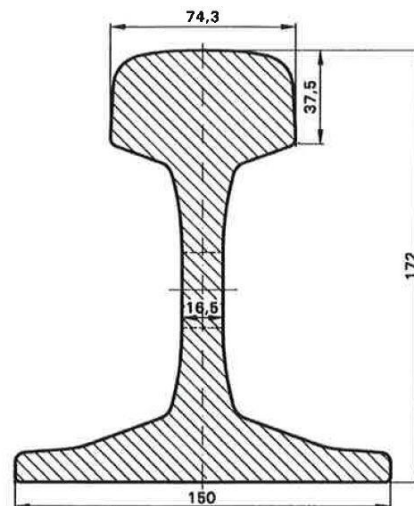


Figura 23: Perfil carril UIC60

Además del aspecto económico fundamental para obras de esta envergadura, se van a tener en cuenta aspectos constructivos y de explotación / mantenimiento.

En el aspecto económico se utilizarán las bases de precios de ADIF para Infraestructura. Los valores finales obtenidos se mayorarán en un 19% para incluir el beneficio industrial y los gastos generales.

Dentro de los cálculos no se tendrán en cuenta los costes del personal de ADIF (encargados de trabajos, factores de circulación o técnicos) ya que su valoración puede ser extremadamente compleja al no dedicarse de manera exclusiva a la obra.

En este TFG únicamente se estudia el caso de una renovación de la superestructura ferroviaria. El resto de elementos necesarios para que puedan circular los trenes (Sistema de energía, Sistema de Instalaciones de seguridad, estructuras, elementos de la infraestructura) no es objeto de este trabajo. Si bien la metodología planteada en este TFG puede ser aplicada de la misma manera a los distintos elementos de un tramo.

## 6. DESVÍOS

El primer elemento a estudiar son los desvíos. Como ya se definió en el apartado anterior y se vieron sus partes principales, aquí se van a describir su puesta en obra y sus consideraciones económicas.

En el tramo objeto del estudio se tiene un total de 25 desvíos que necesitan ser sustituidos. A la hora de elegir la mejor solución estudiaremos por un lado el aspecto económico, fundamentalmente el coste de instalación y por otro todas las consideraciones constructivas y de mantenimiento que se deben tener en cuenta.

### 6.1. Consideraciones Constructivas y de mantenimiento

El procedimiento constructivo para la sustitución de un desvío es el siguiente:

- Premontaje y comprobación del desvío nuevo en el tajo próximo a su situación definitiva.
- Retirada de los accionamientos del desvío antiguo instalado. En el caso que nos ocupa al ser desvíos tipo A solo hay un accionamiento
- Retirada de los calefactores de agujas, 2 parejas por desvío antiguo.
- Corte con soplete del desvío antiguo. Separación física del desvío respecto al resto de la vía
- Levante del desvío antiguo. Los desvíos tipo A pueden ser levantados por una pareja de retroexcavadoras de 20 toneladas.
- Rebaje de la capa de balasto hasta cota marcada en proyecto. En general se tiende a la retirada del balasto que se encuentre en mal estado. Una vez retirado se nivela la superficie resultante.
- Colocación del desvío nuevo sobre la capa de balasto. Ajuste en posición longitudinal y transversal. Unión del desvío mediante bridas de manera que aseguren su posición. Para la colocación del desvío P se utilizan grúas de gran tonelaje debido al peso extra de las traviesas de hormigón. Los desvíos tipo C se pueden colocar mediante parejas de vías. Es muy raro que se coloquen los desvíos de una sola vez, por lo general se cortan en 2 o 3 trozos y se instalan en su posición.
- Aportación de balasto nuevo
- Bateo y subida a primera nivelación mediante bateadora de desvíos

- Paso de circulaciones con Limitación temporal de Velocidad
- Soldadura de los desvíos
- Bateo y subida a segunda nivelación mediante bateadora de desvíos

Como se aprecia la operación no es para nada sencilla. El procedimiento constructivo es muy similar para los 2 tipos de desvíos, únicamente varían los medios materiales debido al peso extra que tienen los desvíos tipo P de traviesas de hormigón. Por lo tanto, el procedimiento constructivo no da ninguna ventaja a las dos opciones.

Sin embargo, en el mantenimiento y la conservación los desvíos tipo P demuestran sus fortalezas. Una vez llevado a 2ª nivelación se hace casi innecesario el posterior mantenimiento más allá del engrase de las partes móviles. Su elevado peso hace que aguante varios millones de ciclos sin que varíe su alineación. Además, las traviesas de hormigón permiten mantener el ancho de una manera mucho más efectiva que las traviesas de madera.

Con estos datos desde el punto de vista constructivo y de explotación los desvíos tipo P son la mejor opción.

## 6.2. Consideraciones Económicas

### 6.2.1. Desvío A por P

El desvío P a instalar considerado es DSH – P – 60 – 318 – 0.09 – CR – TC.

Dentro de la base de precios de ADIF es muy habitual que existan distintos parámetros (horas de corte, nocturnidad, etc.) que dan precios muy diferentes. En este estudio siempre que se han requerido se ha considerado un intervalo de corte de vía entre 3 y 5 horas y en horario nocturno. Estas características se dan casi en la totalidad de la red de Ancho ibérico de la Subdirección de operaciones norte.

A continuación, se presenta el coste de las unidades de obra de la sustitución de un desvío tipo A por un desvío tipo P.



Tabla 1: Unidades de Obra desvío tipo P				
Ud	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
	<b>materiales</b>			<b>69.711,85</b>
<b>m3</b>	Suministro de balasto procedente de cantera estando homologada por ADIF. Comprende balasto a cargo de la contrata hasta ubicarlo lo más próximo al lugar de empleo, por tanto, comprende: balasto, carga, transporte y descarga a lugar más próximo de empleo. Caso necesario acopio, nueva carga, transporte y descarga (todas las manipulaciones necesarias). En caso de desvíos hasta formar la explanación para recibir al desvío y posterior aportación. Hasta una distancia de 10 km. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 2.  Grado de dificultad: normal	25,000	49,61	1.240,25
<b>ud</b>	Accionamiento eléctrico de aguja o calce de 220 Vca, normalizado, incluida la manivela.	1,000	3.519,70	3.519,70
<b>ud</b>	Resistencia calefactora de 3,75 m, 333 W/m, 220 V, adaptable al cambio de aguja sencillo, incluido grapas y tornillos de acero inoxidable, para la fijación de la resistencia y el conector al carril.	4,000	451,85	1.807,40
<b>ud</b>	DSH-P-60-318-0'09-CR-DCHA.-TC-MONTADO	1,000	63.144,50	63.144,50
	<b>Mano de Obra</b>			<b>37.048,82</b>
<b>ud</b>	ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO PARA AGUJA SENCILLA EQUIPADA CON UN CERROJO DE UÑA O CALCE, CON TIMONERÍAS, ANCLAJES Y BASTIDOR DE PALASTROS. INCLUYENDO EL ROTULADO DEL MOTOR. TOTALMENTE MONTADO Y CONEXIONADO.	1,000	5.582,35	5.582,35
<b>ud</b>	CONJUNTO DE CUATRO RESISTENCIAS ELÉCTRICAS, ADAPTABLE AL CAMBIO DE AGUJA SENCILLO DE 9,7 m, CARRIL DE 54 kg, CON TODOS SUS ELEMENTOS, INCLUSO TUBOS DE PROTECCIÓN DEL CABLE DE ACOMETIDA. TOTALMENTE MONTADA Y CONEXIONADA.	1,000	2.154,11	2.154,11
<b>m</b>	Retirada de balasto en vía levantada y rebaje explanación de balasto hasta 0,15 m. por debajo de la plataforma, con maquinaria pesada (N/5 a 3/N). Retirada de balasto en vía levantada y rebaje explanación de balasto hasta 0,15m por debajo de la plataforma en función de la nueva rasante con medios mecánicos pesados. Comprende la mano de obra necesaria para la excavación ejecutando un plano en el rebaje que permita la salida natural de las aguas, en trayectos con vía sencilla o doble y en vías de estación, incluso en andenes, electrificadas o no. Incluye la retirada de balasto y detritus o zahorra a vertedero con cargo a la Contrata, suministro y empleo en su caso del material de cantera de aportación para la formación de una capa recebada no inferior a 15cm extendida y compactada hasta conseguir el 98% del Próctor Modificado, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares.  Trabajo: nocturno.  Plan Marco: 5 > i >= 3 horas  Grado de dificultad: normal	50,000	31,28	1.564,00

<b>ud</b>	<p>Levante de A.D. tipo A (N/5 a 3/N).  Levante de A.D. tipo A. Comprende la mano de obra necesaria para el levante por medio de grúas, cortes necesarios con sierra de disco, manipulaciones para su acopio con utilización de grúas en el punto designado por ADIF. Incluso carga, en cualquier medio de transporte en obra. Incluye la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones, así como los elementos complementarios, varios y medios auxiliares. (En este precio no están incluidos ni el carril ni las soldaduras necesarias para mantener la continuidad de la vía). La zona de agujas y contraagujas, junto con las respectivas traviesas y pequeño material, no se descompondrá, preparándose todo ello para su posterior recogida, clasificación y posible regeneración por el CTV.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	3,000	237,24	711,72
<b>ud</b>	<p>Nivelación y alineación de desvío tipo P tg 0.09 CR (L=38 m), &lt;3ud (N/5 a 3/N).  Nivelación y alineación de desvío tipo P tg 0.09 CR (L=38 m), menos de 3 unidades, con maquinaria pesada, incluso rampas de acuerdo según N.R.V. del 1/1000 para v&gt;= a 160 Km/h, estando comprendido el A.D. Comprende la mano de obra necesaria para el replanteo y su comprobación, marcado en carril del nivel su desplazamiento con referencia a piquetes externos u otro procedimiento similar autorizado por el representante de ADIF, las descargas y regulación del balasto para su reposición, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares. Empleo de balasto procedente de descargas o sobrante. Este precio irá acompañado del precio de nivelación de vía con los metros correspondientes. Se entiende menos de 3 desvíos por estación.</p> <p>Es de aplicación la N.R.V.7-1-5.1, Clasificación y requisitos de las bateadoras, por la que se establecen las condiciones mínimas para trabajos de implantación o mantenimientos de aparatos de vía.</p> <p>-Bateadoras de 1ª categoría: desvíos sobre traviesas de hormigón en cualquier Línea y desvío en Líneas de velocidad&gt;160Km/h.</p> <p>-Bateadoras de 2ª categoría: desvíos de las Redes A1, A2 y B que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores.</p> <p>-Bateadoras de 3ªcategoría:desvíos en el Red C.</p> <p>El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 10.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	3.056,75	3.056,75

<b>ud</b>	<p>Perfilado de desvío tipo P tg 0.09 CR (L=38 m) con máquina y manual (N/5 a 3/N).</p> <p>Perfilado de desvío tipo P tg 0.09 CR (L=38 m) con máquina y manual. Comprende la mano de obra necesaria para el transporte de balasto, para su regularización y recubrimiento de faltas, así como el empleo de balasto nuevo o de recuperación, hasta completar la sección, perfilado manual en zonas de timonería, compensación por protección y paralización al paso de las circulaciones, incluso arreglo de paseos y cunetas. Incluye maquinaria, desplazamientos, elementos complementarios, varios y medios auxiliares. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 6.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	186,77	186,77
<b>ud</b>	<p>Soldadura aluminotérmica con precalentamiento aire inducido y propano en plena vía y kit de soldadura con crisol de un solo uso para uniones de carriles separados entre sí una distancia menor o igual a 180 m. (N/4h. 50 a 3h 20/N).</p> <p>Soldadura aluminotérmica con precalentamiento aire inducido y propano en plena vía y kit de soldadura con crisol de un solo uso para uniones de carriles separados entre sí una distancia menor o igual a 180 m. Comprende la mano de obra necesaria para la ejecución en vía de la soldadura para unión de carriles de cualquier perfil, longitud y clase de acero. Incluye: desmontaje de bridas y tornillos; aflojado de las sujeciones necesarias para la alineación de los carriles; retirada de balasto para el movimiento lateral de traviesas; los trabajos necesarios para la formación de la cala nominal adecuada por desplazamiento de carriles, incluso con tensores hidráulicos; los cortes con tronzadora necesarios para saneamiento de los extremos a soldar; alineación en planta y alzado de los carriles con los equipos adecuados; kit de soldadura y consumibles; desbastado, esmerilado de acabado y arreglo del perfil; marcado y reposición de todos los elementos de la vía para que ésta quede en óptimas condiciones de servicio; trabajo de aflojado y posterior apretado de las sujeciones de las traviesas colaterales de la soldadura para aminorar las tensiones provocadas por la retracción de la soldadura; trabajos auxiliares; el uso de maquinaria y equipos específicos autorizados por ADIF. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 7.</p> <p>Estado de materiales: buen estado de materiales o curva R&gt; 500 m.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 3h 20 &lt; i &lt;= 4h 50</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	10,000	213,55	2.135,50



<b>m3</b>	<p>Descarga de balasto desde tolva (N/5 a 3/N).</p> <p>Descarga de balasto suministrado desde tolva. Incluye solamente la mano de obra para la descarga y distribución del balasto suministrado por ADIF desde tolva, efectuando una descarga completa desde tolvas y posterior cierre de compuertas dejando el tren de tolvas apto para la circulación, realizando las salidas necesarias. Lleva incluida la compensación para la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones, elementos complementarios, varios y medios auxiliares (riegos de agua, mascarillas,).</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	25,000	2,14	53,50
<b>ud</b>	<p>Carga o descarga de desvío tipo tg 0,09 CC (L=46 m) (N/5 a 3/N).</p> <p>Carga o descarga de desvío tipo P tg 0,09 CC (L=46 m). Comprende la mano de obra necesaria para las operaciones de recogida y aproximación de los materiales al punto de carga o acopio y distribución en su caso en el lugar de descarga, realizadas cuidadosamente con el empleo de maquinaria, grúas o pórticos con dispositivos aprobados por el Director de la obra, que garanticen la rigidez de todos los componentes en su almacenaje o acopio de materiales para su posterior empleo. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	2.735,75	2.735,75
<b>ud</b>	<p>Levante de desvío tipo A tg 0,09 (L=36 m) (N/5 a 3/N).</p> <p>Levante de desvío tipo A tg 0,09 (L=36 m). Comprende la mano de obra necesaria para el desclavado completo del aparato de vía, incluso cortes de carril con motosierra o sierra de disco si fuese necesario, retirada y apilado de carriles, cupones, contraagujas, corazón, contracarriles, traviesas, cachas, aparatos de maniobra o motores, tirantes, cojinetes, tirafondos, placas, tornillos, bridas y cualquier otro tipo de material que pueda tener el aparato, así como marcaje de los elementos del aparato con pintura para su posterior colocación y acopio en punto designado por ADIF. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares. La manipulación se hará con grúas pórticos según N.R.V. Los semicambios no se descompondrán en las agujas y contraagujas, el corazón se mantendrá con las uniones soldadas, se recogerán las traviesas y pequeño material, preparándose todo ello para su posterior recogida, clasificación y posible regeneración por el CTV.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	1.855,13	1.855,13

ud	<p>Montaje y asiento de desvío tipo P tg 0,09 CR (L=38 m) (N/5 a 3/N).  Montaje y asiento de desvío tipo P tg 0,09 CR (L=38 m). Comprende la preparación de la explanación, el acopio de los materiales y ensamblado del desvío utilizando la maquinaria que sea precisa para garantizar una superficie perfectamente plana, calificando al mismo según Norma ADIF Vía; el replanteo de la vía en el lugar de la ubicación del desvío; la preparación de la plataforma en la zona comprendida entre los aparatos de dilatación que protegían al desvío antiguo, incluyendo a éstos si los hubiere, ó una longitud mínima de 18 m a cada lado del desvío si no hubiera aparatos de dilatación; el desguarnecido o depuración del balasto transportando los detritus a vertedero con cargo a la Contrata; la nivelación de la plataforma; el establecimiento de una capa de sub-balasto y su compactación mediante rodillos vibradores antes de proceder a la descarga de balasto nuevo en capas sucesivas de 15 cm de espesor máximo, de forma que el nivel superior de las sucesivas capas quede 40 mm más bajo que el nivel definitivo; la nivelación y compactación de las capas; el establecimiento de las rampas de acuerdo; el traslado del desvío al lugar definitivo por medio de pórticos pesados de vía; la alineación del desvío de acuerdo con los piquetes de replanteo y el embridado provisional del mismo; la nueva descarga de balasto; la nivelación previa; la calificación del desvío en Primera Nivelación según N.R.V y la corrección de todos los defectos observados; la limpieza del balasto en cunetas, entrevía y superficie de rodadura de carriles, cumplimentando el Acta de Aceptación de Primera Nivelación. Se incluyen todos los elementos complementarios y medios auxiliares que sean necesarios como la protección de los equipos. No se incluye la descarga del desvío desde el vagón plataforma procedente de fábrica ni la Segunda Nivelación del desvío que también requiere el cumplimiento del Acta de aceptación correspondiente. Se prohíbe el arrastre del aparato de vía o de sus partes mediante palas u otro tipo de maquinaria diferente a la especificada anteriormente. En el traslado del desvío, premontado en parque o vía secundaria o explanación, en el sentido longitudinal de la vía hasta el lugar definitivo de su ubicación se utilizarán carretones o diplotrys de tijera que permiten mantener el aparato de vía nivelado. Para evitar deformaciones permanentes del mismo, el izado se realizará con pinzas o cadenas provistas de fundas de protección de modo que la separación entre dos puntos de amarre sea tal que la flechas máximas en cada vano y en los extremos en voladizo no superen los 6 cm. Es de aplicación las indicaciones expuestas en la N.R.V. 7-1-3.2 Montaje de vía.- Instalación de aparatos de vía. Desvíos, escapes y travesías. Incluso incluye, material de vía provisional. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 11.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	17.013,24	17.013,24
----	--	-------	-----------	-----------

#### A modo de resumen del presupuesto:

- Materiales ..... 69.711,85 €
- Mano de Obra ..... 37.048,82 €
- Imprevistos y pequeño material 5% de PEM ..... 5338,03 €
- **TOTAL ..... 112.098,70 €**

Se puede ver que el coste de sustitución de un desvío A por P son 112.098,70 €. Para todo el ámbito de actuación tenemos un total de 2.802.467,75 €.

### 6.2.2. Desvío A por C

El desvío considerado es DSH – C – 54 – 318 – 0.09 – CR – TC. La principal diferencia de este desvío con el considerado en el punto anterior es el carril empleado. Los desvíos tipo C solo admiten carril de 54 kg/m, por lo tanto, es necesario instalar cupones mixtos si la vía general es de 60 kg/m.

Dentro de la base de precios de ADIF es muy habitual que existan distintos parámetros (horas de corte, nocturnidad, etc) que dan precios muy diferentes. En este estudio siempre que se han requerido se ha considerado un intervalo de corte de vía entre 3 y 5 horas y en horario nocturno. Estas características se dan casi en la totalidad de la red de Ancho ibérico de la Subdirección de operaciones norte.

A continuación, se presenta el coste de las unidades de obra de la sustitución de un desvío tipo A por un desvío tipo C.

Tabla 2: Unidades de Obra desvío tipo C				
Uds.	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
	<b>Materiales</b>			<b>61.380,72</b>
ud	DS-C-54-318/370-0'09-CR-DERECHA	1,000	54.813,37	54.813,37
m3	Suministro de balasto procedente de cantera. Transporte hasta 10 km. (-/-/N). Suministro de balasto procedente de cantera estando homologada por ADIF. Comprende balasto a cargo de la contrata hasta ubicarlo lo más próximo al lugar de empleo, por tanto comprende: balasto, carga, transporte y descarga a lugar más próximo de empleo. Caso necesario acopio, nueva carga, transporte y descarga (todas las manipulaciones necesarias). En caso de desvíos hasta formar la explanación para recibir al desvío y posterior aportación. Hasta una distancia de 10 km. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 2.  Grado de dificultad: normal	25,000	49,61	1.240,25
ud	Accionamiento eléctrico de aguja o calce de 220 Vca, normalizado, incluida la manivela.	1,000	3.519,70	3.519,70
ud	Resistencia calefactora de 3,75 m, 333 W/m Resistencia calefactora de 3,75 m, 333 W/m, 220 V, adaptable al cambio de aguja sencillo, incluido grapas y tornillos de acero inoxidable, para la fijación de la resistencia y el conector al carril.	4,000	451,85	1.807,40
	<b>Mano de Obra</b>			<b>34.412,04</b>
ud	ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO PARA AGUJA SENCILLA EQUIPADA CON UN CERROJO DE UÑA O CALCE, CON TIMONERÍAS, ANCLAJES Y BASTIDOR DE PALASTROS.	1,000	5.582,35	5.582,35

	INCLUYENDO EL ROTULADO DEL MOTOR. TOTALMENTE MONTADO Y CONEXIONADO.			
<b>ud</b>	Conjunto 4 resistencias eléctricas CONJUNTO DE CUATRO RESISTENCIAS ELÉCTRICAS, ADAPTABLE AL CAMBIO DE AGUJA SENCILLO DE 9,7 m, CARRIL DE 54 kg, CON TODOS SUS ELEMENTOS, INCLUSO TUBOS DE PROTECCIÓN DEL CABLE DE ACOMETIDA. TOTALMENTE MONTADA Y CONEXIONADA.	1,000	2.154,11	2.154,11
<b>m</b>	Retirada de balasto en vía levantada y rebaje explanación de balasto hasta 0,15m por debajo de la plataforma en función de la nueva rasante con medios mecánicos pesados. Comprende la mano de obra necesaria para la excavación ejecutando un plano en el rebaje que permita la salida natural de las aguas, en trayectos con vía sencilla o doble y en vías de estación, incluso en andenes, electrificadas o no. Incluye la retirada de balasto y detritus o zahorra a vertedero con cargo a la Contrata, suministro y empleo en su caso del material de cantera de aportación para la formación de una capa recebada no inferior a 15cm extendida y compactada hasta conseguir el 98% del Próctor Modificado, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares.  Trabajo: nocturno.  Plan Marco: 5 > i >= 3 horas  Grado de dificultad: normal	50,000	31,28	1.564,00
<b>ud</b>	Levante de A.D. tipo A. Comprende la mano de obra necesaria para el levante por medio de grúas, cortes necesarios con sierra de disco, manipulaciones para su acopio con utilización de grúas en el punto designado por ADIF. Incluso carga, en cualquier medio de transporte en obra. Incluye la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones, así como los elementos complementarios, varios y medios auxiliares. (En este precio no están incluidos ni el carril ni las soldaduras necesarias para mantener la continuidad de la vía). La zona de agujas y contraagujas, junto con las respectivas traviesas y pequeño material, no se descompondrá, preparándose todo ello para su posterior recogida, clasificación y posible regeneración por el CTV.  Trabajo: nocturno  Plan Marco: 5 > i >= 3 horas  Grado de dificultad: normal	3,000	237,24	711,72

<b>ud</b>	<p>Nivelación y alineación de desvío tipo C tg 0.09 CR (L=38 m), menos de 3 unidades, con maquinaria pesada, incluso rampas de acuerdo según N.R.V. del 1/1000 para <math>v \geq</math> a 160 Km/h, estando comprendido el A.D. Comprende la mano de obra necesaria para el replanteo y su comprobación, marcado en carril del nivel su desplazamiento con referencia a piquetes externos u otro procedimiento similar autorizado por el representante de ADIF, las descargas y regulación del balasto para su reposición, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares. Empleo de balasto procedente de descargas o sobrante. Este precio irá acompañado del precio de nivelación de vía con los metros correspondientes. Se entiende menos de 3 desvíos por estación.</p> <p>Es de aplicación la N.R.V.7-1-5.1, Clasificación y requisitos de las bateadoras, por la que se establecen las condiciones mínimas para trabajos de implantación o mantenimientos de aparatos de vía.</p> <p>-Bateadoras de 1ª categoría: desvíos sobre traviesas de hormigón en cualquier Línea y desvío en Líneas de velocidad &gt;160Km/h.</p> <p>-Bateadoras de 2ª categoría: desvíos de las Redes A1, A2 y B que no cumplan ninguna de las condiciones anteriores.</p> <p>-Bateadoras de 3ª categoría: desvíos en el Red C.</p> <p>El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 10.</p> <p>Trabajo: diurno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	2.182,16	2.182,16
<b>ud</b>	<p>Perfilado de desvío tipo C tg 0.09 CR (L=38 m) con máquina y manual. Comprende la mano de obra necesaria para el transporte de balasto, para su regularización y recubrimiento de faltas, así como el empleo de balasto nuevo o de recuperación, hasta completar la sección, perfilado manual en zonas de timonería, compensación por protección y paralización al paso de las circulaciones, incluso arreglo de paseos y cunetas. Incluye maquinaria, desplazamientos, elementos complementarios, varios y medios auxiliares. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 6.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	186,32	186,32

ud	<p>Montaje y asiento de desvío tipo C tg 0,09 CR (L=38 m). Comprende la preparación de la explanación, el acopio de los materiales y ensamblado del desvío utilizando la maquinaria que sea precisa para garantizar una superficie perfectamente plana, calificando al mismo según Norma ADIF Vía; el replanteo de la vía en el lugar de la ubicación del desvío; la preparación de la plataforma en la zona comprendida entre los aparatos de dilatación que protegían al desvío antiguo, incluyendo a éstos si los hubiere, o una longitud mínima de 18 m a cada lado del desvío si no hubiera aparatos de dilatación; el desguarnecido o depuración del balasto transportando los detritus a vertedero con cargo a la Contrata; la nivelación de la plataforma; el establecimiento de una capa de subbalasto y su compactación mediante rodillos vibradores antes de proceder a la descarga de balasto nuevo en capas sucesivas de 15 cm de espesor máximo, de forma que el nivel superior de las sucesivas capas quede 40 mm más bajo que el nivel definitivo; la nivelación y compactación de las capas; el establecimiento de las rampas de acuerdo; el traslado del desvío al lugar definitivo por medio de pórticos pesados de vía; la alineación del desvío de acuerdo con los piquetes de replanteo y el embreado provisional del mismo; la nueva descarga de balasto; la nivelación previa; la calificación del desvío en Primera Nivelación según N.R.V y la corrección de todos los defectos observados; la limpieza del balasto en cunetas, entrevía y superficie de rodadura de carriles, cumplimentando el Acta de Aceptación de Primera Nivelación. Se incluyen todos los elementos complementarios y medios auxiliares que sean necesarios como la protección de los equipos. No se incluye la descarga del desvío desde el vagón plataforma procedente de fábrica ni la Segunda Nivelación del desvío que también requiere el cumplimiento del Acta de aceptación correspondiente. Se prohíbe el arrastre del aparato de vía o de sus partes mediante palas u otro tipo de maquinaria diferente a la especificada anteriormente. En el traslado del desvío, premontado en parque o vía secundaria o explanación, en el sentido longitudinal de la vía hasta el lugar definitivo de su ubicación se utilizarán carretones o diplotrys de tijera que permiten mantener el aparato de vía nivelado. Para evitar deformaciones permanentes del mismo, el izado se realizará con pinzas o cadenas provistas de fundas de protección de modo que la separación entre dos puntos de amarre sea tal que la flechas máximas en cada vano y en los extremos en voladizo no superen los 6 cm. Es de aplicación las indicaciones expuestas en la N.R.V. 7-1-3.2 Montaje de vía.- Instalación de aparatos de vía. Desvíos, escapes y travesías. Incluye, material de vía provisional. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 11.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	15.855,90	15.855,90
----	---	-------	-----------	-----------

<b>ud</b>	<p>Soldadura aluminotérmica con precalentamiento aire inducido y propano en plena vía y kit de soldadura con crisol de un solo uso para uniones de carriles separados entre sí una distancia menor o igual a 180 m. Comprende la mano de obra necesaria para la ejecución en vía de la soldadura para unión de carriles de cualquier perfil, longitud y clase de acero. Incluye: desmontaje de bridas y tornillos; aflojado de las sujeciones necesarias para la alineación de los carriles; retirada de balasto para el movimiento lateral de traviesas; los trabajos necesarios para la formación de la cala nominal adecuada por desplazamiento de carriles, incluso con tensores hidráulicos; los cortes con tronzadora necesarios para saneamiento de los extremos a soldar; alineación en planta y alzado de los carriles con los equipos adecuados; kit de soldadura y consumibles; desbastado, esmerilado de acabado y arreglo del perfil; marcado y reposición de todos los elementos de la vía para que ésta quede en óptimas condiciones de servicio; trabajo de aflojado y posterior apretado de las sujeciones de las traviesas colaterales de la soldadura para aminorar las tensiones provocadas por la retracción de la soldadura; trabajos auxiliares; el uso de maquinaria y equipos específicos autorizados por ADIF. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 7.</p> <p>Estado de materiales: buen estado de materiales o curva R&gt; 500 m.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 3h 20 &lt; i =&lt; 4h 50</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	10,000	213,55	2.135,50
<b>m3</b>	<p>Descarga de balasto suministrado desde tolva. Incluye solamente la mano de obra para la descarga y distribución del balasto suministrado por ADIF desde tolva, efectuando una descarga completa desde tolvas y posterior cierre de compuertas dejando el tren de tolvas apto para la circulación, realizando las salidas necesarias. Lleva incluida la compensación para la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones, elementos complementarios, varios y medios auxiliares (riegos de agua, mascarillas,...).</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	25,000	2,14	53,50
<b>ud</b>	<p>Carga o descarga de desvío tipo C tg 0,09 CR (L=38 m). Comprende la mano de obra necesaria para las operaciones de recogida y aproximación de los materiales al punto de carga o acopio y distribución en su caso en el lugar de descarga, realizadas cuidadosamente con el empleo de maquinaria, grúas o pórticos con dispositivos aprobados por el Director de la obra, que garanticen la rigidez de todos los componentes en su almacenaje o acopio de materiales para su posterior empleo. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p>	1,000	2.131,35	2.131,35

	Grado de dificultad: normal			
<b>ud</b>	<p>Levante de desvío tipo A tg 0,09 (L=36 m). Comprende la mano de obra necesaria para el desclavado completo del aparato de vía, incluso cortes de carril con motosierra o sierra de disco si fuese necesario, retirada y apilado de carriles, cupones, contraagujas, corazón, contracarriles, traviesas, cachas, aparatos de maniobra o motores, tirantes, cojinetes, tirafondos, placas, tornillos, bridas y cualquier otro tipo de material que pueda tener el aparato, así como marcaje de los elementos del aparato con pintura para su posterior colocación y acopio en punto designado por ADIF. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares. La manipulación se hará con grúas pórticos según N.R.V. Los semicambios no se descompondrán en las agujas y contraagujas, el corazón se mantendrá con las uniones soldadas, se recogerán las traviesas y pequeño material, preparándose todo ello para su posterior recogida, clasificación y posible regeneración por el CTV.</p> <p>Trabajo: nocturno</p> <p>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</p> <p>Grado de dificultad: normal</p>	1,000	1.855,13	1.855,13

#### Resumen del presupuesto:

- Materiales ..... 61.380,62 €
- Mano de Obra..... 34.412,82 €
- Imprevistos y pequeño material 5% de PEM ..... 4.789,64€
- **TOTAL ..... 100.582,39 €**

Al igual que en el anterior se puede ver que el coste de sustitución de un desvío A por C son 100.582,39 €. Para todo el ámbito de actuación tenemos un total de 2.514.559,95 €.



### 6.3. Discusión.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo con las 2 posibles soluciones para el tramo.

**Tabla 3: Cuadro comparativo**

	Materiales	Mano de Obra	Imprevistos y pequeño material	TOTAL	Diferencia
Sustitución 25 desvíos tipo P	1.742.796,25	926.200,50	133.450,75	2.802.467,50	287.890,5
Sustitución 25 desvíos Tipo C	1.534.516,50	860.321,50	119.741,00	2.514.577,00	

Como se aprecia en el cuadro comparativo la diferencia en precio es significativa. Si se decidiera instalar los desvíos tipo P habría una diferencia de 287.890,5, un **11,5%** más que si se opta por los desvíos tipo C.

En gran parte la diferencia es debida a los materiales. Un desvío tipo P tiene traviesas de hormigón y estas son más caras que las traviesas de madera. Si bien la traviesa de madera de vía general es más cara que la traviesa de hormigón en los desvíos se da la situación contraria. Esto es debido a que las traviesas de desvíos son muy especiales y cada una tiene una medida estandarizada. Por tanto, se necesitan moldes distintos para cada traviesa. Por el contrario, las traviesas de madera se pueden recortar y trabajar y gracias a esta característica su precio de suministro es menor.

No hay que desdeñar el coste de las unidades de obra relativas al montaje. El mayor peso de los desvíos tipo P exige medios más específicos para su montaje y por tanto el coste es mayor.

Como se ha podido ver los 2 tipos de desvíos tienen sus fortalezas y sus debilidades. A modo de resumen podemos decir que los desvíos tipo P son más estables y requieren menos mantenimiento, pero son más caros. Por otro lado, los desvíos tipo C son desvíos que requieren un mayor cuidado en las labores de mantenimiento, pero soportan mejor los descarrilos y tienen un precio menor.

Para el caso presentado se tiene una línea con un tráfico muy intenso de pasajeros y sobre todo de mercancías. Estos intensos tráficos hacen sufrir los desvíos en las estaciones.

Debido a los elevados tráficos y a la importancia de la línea la mejor opción es la sustitución de los desvíos tipo A por desvíos tipo P. El incremento del coste se justifica sobradamente con el menor mantenimiento necesario y el aumento del confort y seguridad de las circulaciones.

## 7. TRAVIESAS

En esta sección del trabajo se va a establecer una comparativa entre traviesas Monobloque polivalente PR-VE y traviesa de madera.

Las traviesas PR-VE son traviesas monobloque de hormigón que están preparadas para soportar los 2 anchos, ibérico e internacional. Esta traviesa fue inventada en un primer momento para proceder a una hipotética migración de las líneas a el ancho estándar.

Como se puede ver en el esquema adjunto cada sujeción tiene 2 parejas de chimeneas para albergar los tirafondos, cada pareja permite establecer un ancho distinto.

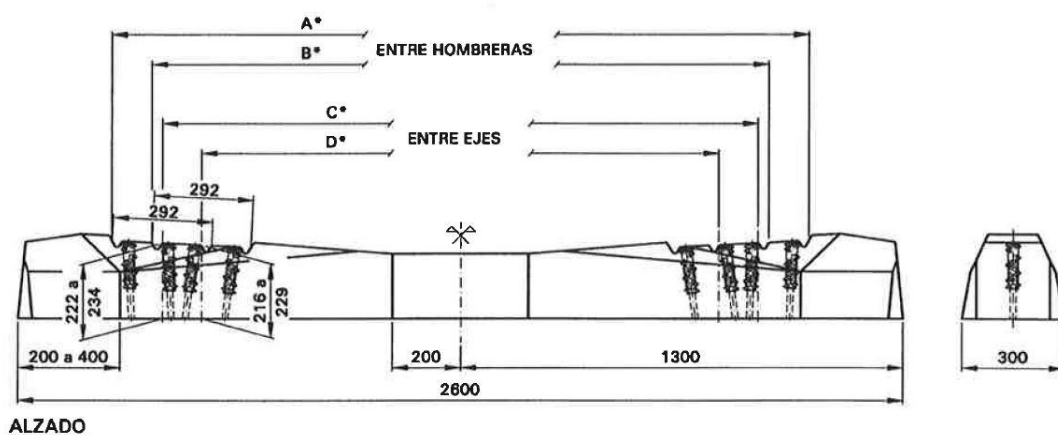


Figura 24: Alzado traviesa PR-VE

### DESCRIPCIÓN GENERAL

- Anchos 1435 / 1668
- UIC 54 / UIC 60

SUPLEMENTO SOPORTE DE CARRIL

PLACA ELÁSTICA DE ASIENTO

PLACA ACODADA LIGERA A2/E

ESPIGA ROSCADA Sdú 21

UIC 54 / UIC 60

TIRAFONDO Nº 9  
CON ARANDELA PRISIONERA Uls 7

CLIP ELÁSTICO SKL-1

PLACA ACODADA LIGERA A2/I

TRAVIESA PR-90

TAPÓN DE ESPIGA ROSCADA

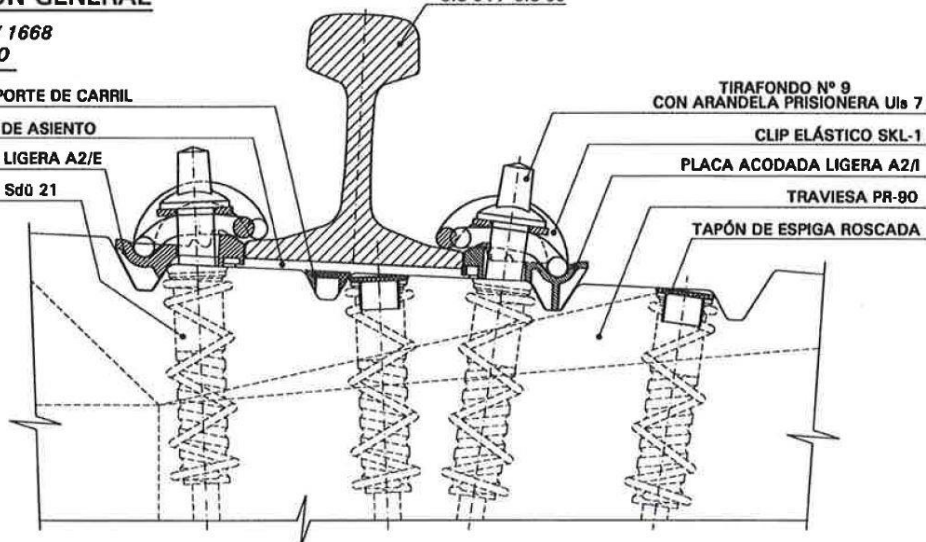


Figura 25: Esquema sujeción traviesa PR-VE

Las traviesas de madera forman parte de la historia del ferrocarril. Aunque la tendencia es a ir hacia traviesas de hormigón todavía se siguen instalando nuevas traviesas de madera.

En España el material más utilizado ha sido el roble. También se ha utilizado bastante el pino o la haya. Cuando se ha buscado una traviesa robusta y con mayor dureza se han utilizado maderas exóticas como la Akoga.

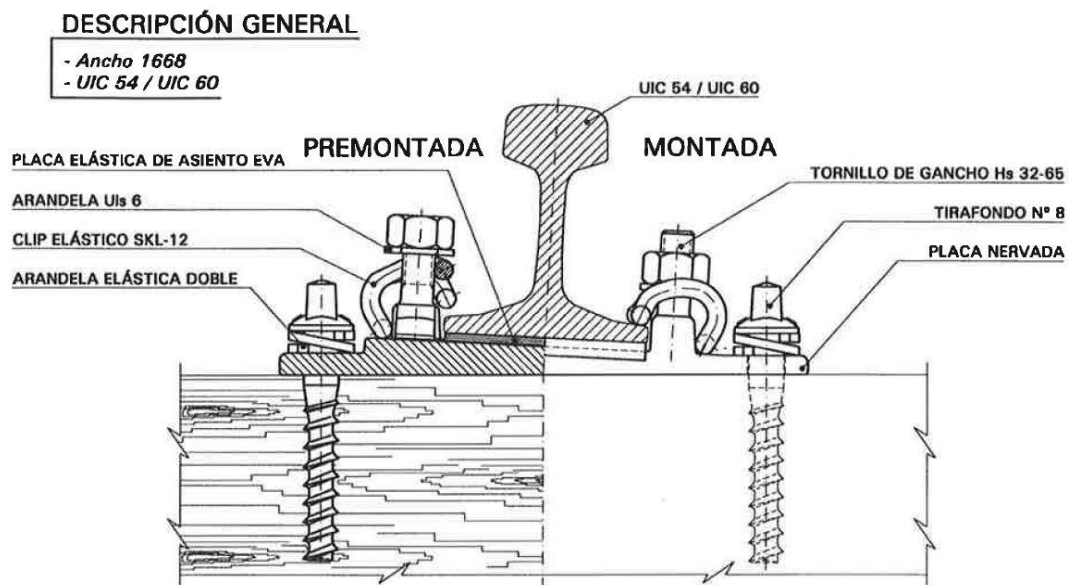


Figura 26: Esquema traviesa de Madera

De la misma manera que en el caso anterior la comparativa se va a realizar atendiendo a criterios económicos como constructivos y de mantenimiento.

### 7.1. Consideraciones Constructivas y de mantenimiento

A la hora de construir vía en obras de rehabilitación se pueden distinguir 2 procedimientos.

En primer lugar, la construcción por parejas. Este procedimiento consiste en construir en una campa a parte tramos de vía, generalmente de 18 metros, y a continuación trasladar la pareja a su posición definitiva.

Este procedimiento permite obtener producción fuera de las horas de corte de vía. De esta manera se pueden instalar del orden de 4 parejas cada hora obteniendo unos rendimientos aproximados de 70 metros lineales a la hora.

Este método queda totalmente desaconsejado cuando no se dispone de terrenos accesorios donde se pueda realizar el trabajo de construcción de las parejas.

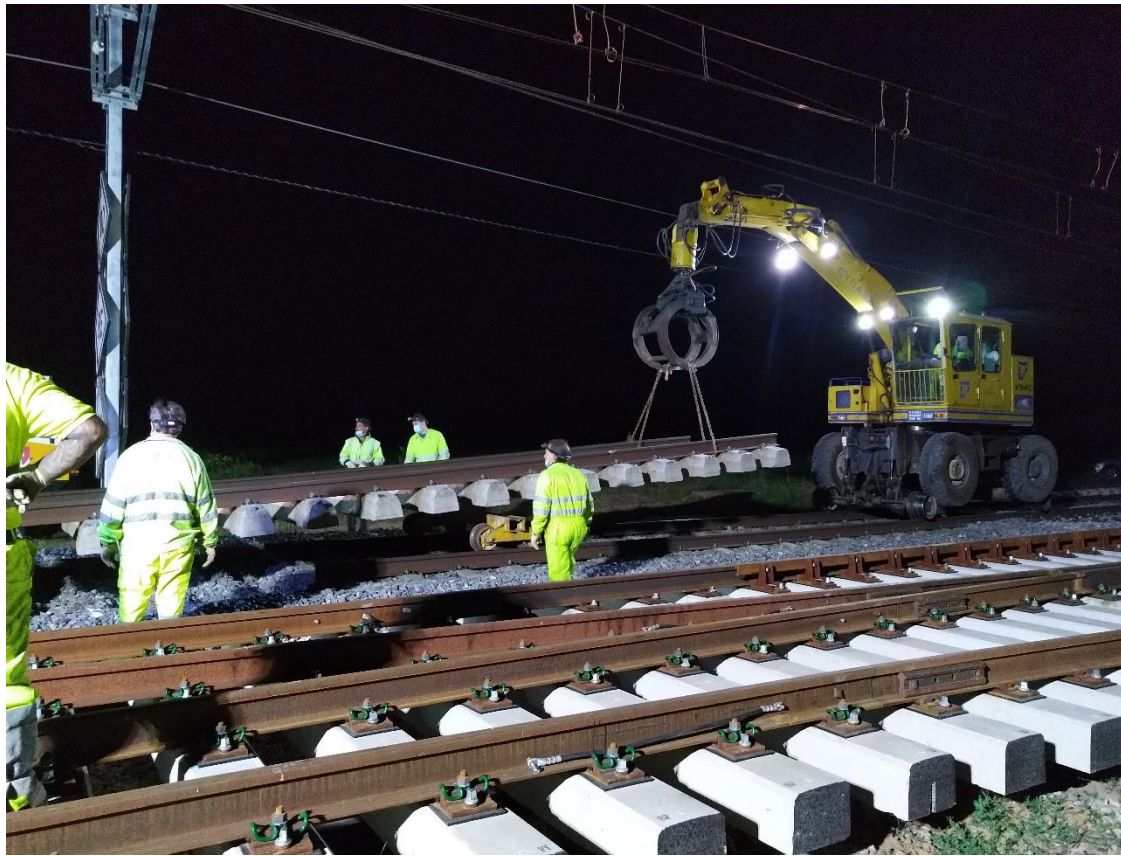


Figura 27: Traslado de una pareja de vía (fuente propia)

El otro procedimiento consiste en descargar los materiales en la traza de la vía junto al eje pero fuera del galibo. Después se procede a sustituir una a una cada traviesa. Cuando todas las traviesas han sido sustituidas se procede a sustituir el carril, carril que se suministra en barras de 180 metros de largo.

En vía general y para longitudes a renovar significativas (superior a 2 km) es el método más usado en mantenimiento.

Este procedimiento tiene la ventaja de que permite un número menor de soldaduras y se pueden hacer los trabajos en entornos cerrados y con poco espacio.

Los dos procedimientos constructivos pueden ser aplicados a los distintos tipos de traviesas consideradas. Únicamente se debe tener en cuenta que para la construcción por parejas de hormigón la potencia de las maquinas debe ser superior a la necesaria para la construcción de la pareja de madera. Esto no es significativo ya que cualquier par de retroexcavadoras equipadas con útiles de vía y con un peso de 20 toneladas son capaces de realizar la operación.

Por lo tanto, no se encuentran diferencias sustanciales a la hora de elegir una traviesa u otra en el aspecto constructivo.

Teniendo en cuenta el mantenimiento las traviesas de hormigón presentan muchas más ventajas que las traviesas de madera.

En primer lugar, no sufren el ataque de elementos externos (fuego, aceites, termitas). Esta capacidad permite reducir el número de inspecciones y el número de sustituciones individuales en un trayecto. Para intentar paliar este hecho históricamente se utilizaba Creosota, esta sustancia es toxica y fue prohibido su uso por lo tanto la madera perdió su capacidad de protección ante elementos adversos.

Otra ventaja que presenta el hormigón es la estabilidad que aporta a la vía. La vía armada con traviesa de hormigón presenta un mayor confort al paso de las circulaciones.

El mayor inconveniente que presenta la traviesa de hormigón se da en caso de descarrilo. En estos casos puntuales las ruedas del tren golpean las traviesas y pueden romperlas o desgajarlas. En estos casos el único mantenimiento correctivo es la sustitución de la traviesa rota. Aquí la traviesa de madera presenta una mayor ventaja, los golpes sufridos únicamente mellan la superficie y en la gran mayoría de los casos no es necesaria la sustitución de la traviesa dañada.

A la vista de las consideraciones constructivas y de mantenimiento consideradas se llega a la conclusión de que las traviesas de hormigón son la mejor opción en caso de rehabilitación de vía.

## 7.2. Consideraciones Económicas

Para poder establecer una estimación vamos a considerar un km ideal de vía única, con BM (Banda de mantenimiento) nocturno de entre 3 y 5 horas. En esos kilómetros disponemos de 1666 traviesas (separación de 0,60 entre cada una).

Como se ha establecido en el punto anterior el método más usado es la sustitución de la traviesa y posterior sustitución del carril. Este método constructivo será el que se estime en esta comparativa.

### 7.2.1. Traviesa de Madera

A continuación, se presenta las unidades de obra necesarias para sustituir 1666 traviesas de madera de Roble.



Tabla 4: Unidades de Obra sustitución traviesas de madera

Descripción	Cantidad	Precio	Importe
			<b>248.583,86</b>
<b>TR-RB-54-0'16-C/SUJECCIÓN SKL-12,PREMONT.NEGRA</b>	1666	110,45	184.009,70
Sustitución de traviesa tipo madera-monobloque con máquina tipo retroexcavadora a tajo seguido. Comprende: Redistribución en el tajo de las traviesas (no su descarga en el tajo), desclavado, descubierta del cajón, extracción de la traviesa a retirar, limpieza con cepillo metálico por la parte inferior del patín del carril. Colocación y apretado de la sujeción entre un 60% y 75% de su apriete nominal en la nueva traviesa, incluso su apriete final posterior a la liberación. Embalastado de los cajones, nivelación incluso 2ª nivelación con maquinaria pesada, así como su perfilado. No será incluido en el precio la liberación de tensiones, la descarga, y la retirada de la vieja traviesa. Se incluye la grasa, elementos complementarios y medios auxiliares. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 18. Trabajo: nocturno Plan Marco: 5 > i >= 3 horas Grado de dificultad: normal	1666,000	29,02	48.347,32
Carga de traviesa con empleo de útiles y maquinaria según traviesa tipo monobloque, efectuadas las operaciones con el cuidado necesario, así como su correcto apoyo en lugar de empleo para evitar roturas o deterioro de la traviesa. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 4. Trabajo: nocturno Plan Marco: 5 > i >= 3 horas Grado de dificultad: normal	1666,000	6,03	10.045,98
Descarga de traviesa con empleo de útiles y maquinaria según traviesa tipo madera, efectuadas las operaciones con el cuidado necesario, así como su correcto apoyo en lugar de empleo para evitar roturas o deterioro de la traviesa. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 4. Trabajo: nocturno Plan Marco: 5 > i >= 3 horas Grado de dificultad: normal	1666,00	3,71	6180,86

Además de la sustitución de la traviesa y el material se ha considerado también la carga y descarga de las traviesas. Para el caso del administrador de Infraestructuras español es común que el material sea suministrado por el mismo. En el caso de las traviesas suelen venir en plataformas y es la contrata la encargada de su descarga. Las traviesas viejas se suelen acopiar en las estaciones cercanas para su posterior enajenación. Se ha incluido una unidad de obra de carga de traviesas que refleja este concepto.

Como se puede ver el importe total para sustituir 1 km de vía asciende a 248.583,86.

No se han incluido un porcentaje de imprevistos ya que los trabajos de sustitución de traviesas son más cerrados y no tienen elementos de IISS asociados.

### 7.2.2. Traviesa de Hormigón

A continuación, se presenta las unidades de obra necesarias para sustituir 1666 traviesas de madera de Roble.

Tabla 5: Unidades de Obra sustitucion traviesas de hormigon			
Descripción	Cantidad	Precio	Importe
			<b>224.160,30</b>
<b>TRAV. MONOB. HORM. POLIV. PR-VE, UIC-54, C/F</b>	1666	91,05	
Sustitución de traviesa tipo bibloque-monobloque con máquina tipo retroexcavadora a tajo seguido. Comprende: Redistribución en el tajo de las traviesas (no su descarga en el tajo), desclavado, descubierta del cajón, extracción de la traviesa a retirar, limpieza con cepillo metálico por la parte inferior del patín del carril. Colocación y apretado de la sujeción entre un 60% y 75% de su apriete nominal en la nueva traviesa, incluso su apriete final posterior a la liberación. Embalastado de los cajones, nivelación incluso 2ª nivelación con maquinaria pesada, así como su perfilado. No será incluido en el precio la liberación de tensiones, la descarga, y la retirada de la vieja traviesa. Se incluye la grasa, elementos complementarios y medios auxiliares. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 18. Trabajo: nocturno Plan Marco: 5 > i >= 3 horas Grado de dificultad: normal	1666,000	31,44	52.379,04

<b>Carga de traviesa con empleo de útiles y maquinaria según traviesa tipo monobloque, efectuadas las operaciones con el cuidado necesario, así como su correcto apoyo en lugar de empleo para evitar roturas o deterioro de la traviesa. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 4.</b> <b>Trabajo: nocturno</b> <b>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</b> <b>Grado de dificultad: normal</b>	1666,000	6,03	10.045,98
<b>Descarga de traviesa con empleo de útiles y maquinaria según traviesa tipo monobloque, efectuadas las operaciones con el cuidado necesario, así como su correcto apoyo en lugar de empleo para evitar roturas o deterioro de la traviesa. Incluye elementos complementarios, varios y medios auxiliares, así como la compensación por la protección y paralización de los equipos al paso de las circulaciones. El abono de la totalidad del importe correspondiente a esta unidad estará condicionado a la realización de las comprobaciones, mediciones y / o inspecciones descritas en el PPI nº - 4.</b> <b>Trabajo: nocturno</b> <b>Plan Marco: 5 &gt; i &gt;= 3 horas</b> <b>Grado de dificultad: normal</b>	1666,00	6,03	10.045,98

Como se ve el importe total para sustituir 1 km de vía asciende a 224.160,30.

No se han incluido un porcentaje de imprevistos ya que los trabajos de sustitución de traviesas son más cerrados y no tienen elementos de IISS (Instalaciones de seguridad) asociados.

### 7.3. Discusión.

Para determinar una justificación de la elección. A continuación, se presenta el cuadro comparativo con las 2 soluciones.

**Tabla 6: Cuadro comparativo**

	TOTAL	Diferencia
Sustitución de 1666 traviesas RS por traviesa de madera	248.583,86	24.423,56
Sustitución de 1666 traviesas RS por traviesa de Hormigón Monobloque	224.160,30	

Como se puede observar existe una diferencia del 9,8% respecto de la sustitución con madera respecto al hormigón.

La principal causa es el precio de material. La traviesa de hormigón con sujeción premontada es 19,40 euros más barata que la traviesa de madera. Esto hace que, aunque las unidades relativas a la sustitución de hormigón son algo más caras se compense sobradamente.

En el caso de las traviesas se encuentra que la mejor solución es la sustitución por traviesas de hormigón. Tanto económicamente como teniendo en cuenta el mantenimiento gana holgadamente a la traviesa de madera.

La realidad viene a confirmar este supuesto. A día de hoy todas las renovaciones de vía general que realiza el Administrador de infraestructuras español se realizan en hormigón. La traviesa de madera se reserva para su colocación en túneles. Su menor peso y los gálibos reducidos hace que se tengan que utilizar maquinaria más pequeña e incluso la sustitución manual, por lo que la utilización de hormigón es en la mayoría de los casos inviable.

## 8. CARRIL

En esta tercera parte del estudio se procede a establecer una comparativa entre los distintos tipos de carril. De la infinidad de secciones existentes este estudio se ha centrado en 2 opciones, UIC 54 y UIC 60. El motivo fundamental es que estas dos opciones son las mas utilizadas en construcción o renovación de vías férreas.

### 8.1. Consideraciones Constructivas y de mantenimiento

Si bien se han establecido diferencias constructivas para los desvíos y las traviesas en el caso del carril esas diferencias no existen. A la hora de ejecutar una vía de cualquier tipo (nueva, renovación, por parejas, con vía auxiliar...) no hay diferencias entre utilizar un carril UIC 54 o UIC 60.

Donde existen diferencias notables es a la hora de hablar del mantenimiento. Los carriles son seguramente los elementos que más sufren en un trazado ferroviario. Todas las semanas el administrador de Infraestructuras identifica cupones que han sufrido alguno de los defectos establecidos en los catálogos, desde fisuras a manchas ovaladas.

Estos defectos pueden evolucionar y llegar a ocasionar la rotura del carril. Si el carril se rompe en una línea cuyo sistema de detección del tren es a través del Circuito de vía, esta rotura producirá la ocupación del circuito de vía y avisará al sistema de la rotura. El problema surge cuando las roturas se producen en líneas que tienen contadores de ejes o que directamente no están protegidos por ningún sistema de detección. En estos casos la Subdirección de Operaciones (Departamento encargado del mantenimiento en cada territorio) no es capaz de advertir la rotura y se puede producir el descarrilo del tren.

Vemos por tanto que la integridad del carril es algo fundamental en las líneas férreas.

Volviendo al caso estudiado y conociendo la problemática existente se aprecia que el carril UIC 60 presenta las mayores ventajas.

En primer lugar, el carril UIC 60 presenta una mayor sección por lo tanto los esfuerzos a los que está sometido son menores. Según las fórmulas de resistencia de materiales tenemos:

$$\sigma(x, y) = \frac{M(x) \times y}{I_x}$$

El momento de inercia está en el denominador, a mayor momento menores serán las tensiones para la misma carga.

El carril UIC 54 tiene un momento de inercia de  $2337,9 \text{ cm}^4$  mientras que el carril UIC 60 tiene un momento de  $3038,3 \text{ cm}^4$ . Las tensiones sufridas por el carril UIC 54 son 1,29 veces superiores para la misma carga y la misma fibra considerada.

Aunque la capacidad de resistencia es importante en el carril lo es más su capacidad de desgaste. A lo largo de su vida útil es difícil que se den cargas que puedan llegar a deformar plásticamente el carril o a incluso romperlo, pero los sucesivos pasos de las circulaciones van produciendo un desgaste. Ese desgaste puede resultar muy peligroso ya que si la geometría de la cabeza del carril cambia no se puede garantizar el ancho y por tanto se pueden dar situaciones de descarrilo.

En este punto el carril UIC 60 vuelve a presentar una ventaja significativa. El aumento de material permite un mayor desgaste y por tanto un menor mantenimiento correctivo.

Como se ha visto a lo largo de este punto la opción de carril UIC60 es indiscutible, no presenta ninguna flaqueza y son todo ventajas frente a su competidor.

## 8.2. Consideraciones Económicas

Este capítulo tratará únicamente del precio del material sin entrar en detalles técnicos.

Las distintas unidades de obra existentes en las bases de precios de ADIF, no hacen distinciones entre el tipo de carril. Soldaduras, neutralizaciones o sustituciones de carril tienen el mismo coste independientemente del carril utilizado.

Visto esto se presenta en la siguiente tabla el coste del suministro de carril teniendo en cuenta las distintas longitudes de presentación:

**Tabla 7: Cuadro Precios suministro de carril**

Tipo	Longitud	Precio por metro lineal
UIC 54	18	47.50
UIC 54	36	40.19
UIC 54	72	20.16
UIC 54	90	18.46
UIC 54	144	41.23



UIC 54	180	47.90
UIC60	18	41.08
UIC60	36	32.73
UIC60	72	44.89
UIC60	90	48.82
UIC60	144	38.79
UIC60	288	27.80

El precio medio por metro lineal es:

- UIC 54= 33,45 €/m
- UIC 60= 38,34 €/m

El precio medio del carril UIC 60 es un 14% mayor respecto al carril UIC 54. Ese incremento del 14% para toda la obra supone más de 1.100.000 €. Si se tiene en cuenta el global de la obra ese incremento supone únicamente un 4% del total.

### 8.3. Discusión.

En conclusión, se tiene que el carril UIC 60 presenta ventajas de mantenimiento por un lado y por otro un precio significativamente mayor.

Ante esta encrucijada el autor decide instalar carril UIC 60 en el tramo considerado. Aunque es mas caro las ventajas que presenta (Ventajas de mantenimiento, Mayor seguridad) pesan más a su favor.

Un incremento del 4% respecto al global no es significativo, además ese porcentaje bajará al considerar todas las unidades de obra que no se han considerado y que hay que ejecutar para realizar una renovación de vía completa (trabajos en Instalaciones de seguridad, trabajos en LAC, trabajos en carriles, soldaduras, prevención de riesgos)

## 9. BALASTO

A lo largo de este Trabajo Fin de Grado se ha hablado de tres elementos fundamentales en las labores de renovación desvíos, traviesas y carril. Además de estos elementos tenemos un cuarto elemento que es el balasto.

Balasto es un árido formado por piedra o roca machacada y cribada conforme a las normas que cada administración ferroviaria ha definido para su uso. En líneas generales, el balasto viene a ser una grava limpia con una dimensión media de sus elementos entre 30 y 60 mm de diámetro.

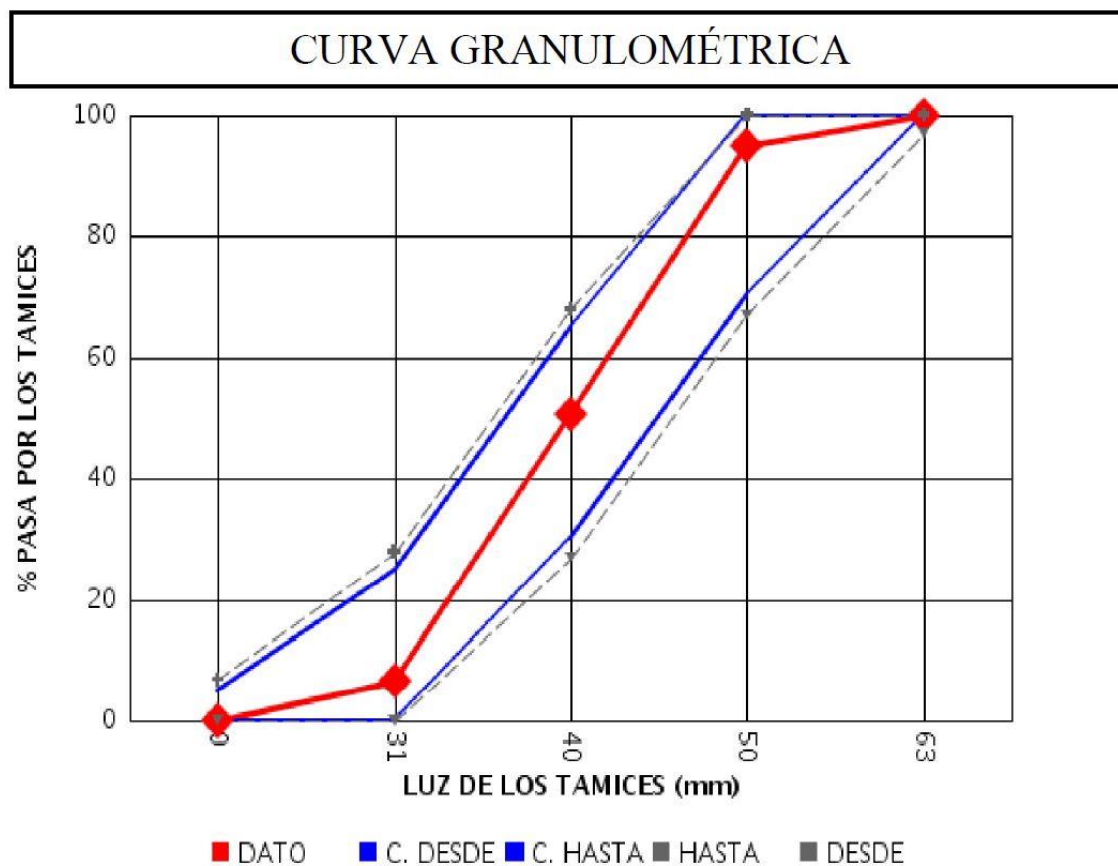


Figura 28: Curva granulométrico balasto

Con balasto se constituyen las banquetas de los ferrocarriles modernos y por ello debe existir una correlación clara entre lo que se exige a las banquetas y las características del balasto elegido para formarlas.

Los elementos del balasto, piedras, deben tener aristas vivas para que, una vez consolidada la banqueta, tenga ésta el mayor rozamiento interno posible, mejorando la estabilidad longitudinal y transversal de la vía.

Deben tener forma poliédrica y nunca plana (lajas) o alargada (agujas).

Los elementos aciculares y lajosos tienden a romperse alterando la granulometría inicial de árido y creando zonas plásticas en la banqueta.

El objeto de este trabajo es realizar una comparativa para buscar la mejor solución a un problema (renovación de vía). Cuando hablamos del balasto la comparativa no se puede realizar ya que Administrador de Infraestructuras Español tiene restringido el uso de balasto a canteras autorizadas.

Esas canteras suministran balasto de tipo silíceo.

Existen balastos más baratos (calizo) sin embargo se ha demostrado que su resistencia y durabilidad es considerablemente inferior al silíceo, por lo tanto, considerando las condiciones de integridad estructural (resistencia mecánica y desgaste) no se plantea el uso de un balasto de calidad inferior.

## 10. SOLUCIÓN ADOPTADA

A lo largo de este trabajo se han ido desgranando las distintas opciones a la hora de realizar una renovación completa de un tramo de vía teniendo en cuenta carril, traviesas y desvíos principalmente. Después de analizar todas las opciones a considerar y justificando las decisiones realizadas como solución adoptada definitiva se llega a lo siguiente:

- Tipos de desvíos a utilizar: Desvíos tipo P
- Tipos de traviesas a utilizar: Traviesa hormigón monobloque PRVE
- Tipo de carril a utilizar: Carril UIC 60

A modo de resumen se presenta el coste estimado para realizar la actuación completa que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 8: Coste estimado total

<i><b>Elemento</b></i>	<b>Coste unitario/coste metro lineal</b>	<b>Medición</b>	<b>Coste Global</b>
<i>Desvíos tipo P</i>	112.098,70	25,00	2.802.467,50
<i>Traviesa Monobloque PRVE</i>	224.160,30	56,37	12.636.140,27
<i>Carril UIC 60</i>	38,34	225.484,00	8.645.056,56
<b>TOTAL</b>			<b>24.083.664,33</b>

Por lo tanto, la renovación de los elementos indicados para el tramo estudiado asciende a veinticuatro millones con ochenta y tres mil seiscientos, sesenta y cuatro como treinta y tres euros.

## 11. CONCLUSIONES

Con el presente TFG se ha propuesto establecer una metodología a seguir en la realización del diseño y proyecto de renovación de vía. Como se ha detallado en el punto 3 esta consiste fundamentalmente en 4 pasos:

- 1- Dentro de cada territorio y a partir de los Índices de calidad se pueden establecer la calidad de determinados tramos de vía. A partir de estos índices se pueden generar listados ordenados de necesidades de mantenimiento.
- 2- Una vez definimos el tramo afectado a renovar, es necesario localizar dentro del tramo los elementos más propensos a ser renovados.
- 3- Valoración y análisis de todos los elementos previamente definidos en el tramo, valoración técnica (consideraciones constructivas y de puesta en obra) y económica (coste de materiales y ejecución).
- 4- Justificación de la decisión adoptada.

Se pretende así crear una nueva metodología para que pueda ser usada de forma estandarizada en las renovaciones de vía propuestas por el Administrador de infraestructuras español. Las premisas es establecer una metodología, ordenada, sencilla y que permita justificar la decisión de la elección adoptada, no siendo únicamente un procedimiento estándar en el que se ha de implantar los elementos económicamente más aceptables.

Es necesario utilizar y valorar otras variables además de la económica, como son la técnica y la ambiental.

Por lo tanto, el ejercicio planteado y realizado a lo largo de este trabajo es el que se sienta las bases de cómo se debe realizar a la hora de proceder a realizar una renovación de vía. Como se ha visto los condicionantes pueden hacer variar la solución proyectada y aplicado al caso práctico para la línea 100 Madrid – Hendaya en la provincia de Burgos puede no ser válido para la misma línea en Guipúzcoa.

En lo que respecta a la opinión personal del autor y basada en su experiencia laboral, la solución propuesta es idónea para este tramo. Es una solución que se está dando cada vez más y con unos resultados en cuanto a mantenimiento excelentes. Si bien es cierto que se está hablando de renovaciones hechas en los últimos 10 años, pero se estima, dado las operaciones de mantenimiento realizadas hasta el momento, que los mantenimientos futuros serán menores con el consiguiente ahorro de costes.

## 12. Bibliografía

- [1]. Consigna Serie A Estaciones Línea 100 Madrid – Hendaya. ADIF.
- [2]. U.N Mantenimiento de infraestructura, Dirección técnica. Esquemas de Vía. RENFE.
- [3]. Base de precios ADIF VÍA 2009.
- [4]. Base de Precios ADIF INFRA 2009.
- [5]. Defectos de los carriles. Traducción del catálogo de UIC. Mantenimiento Infraestructura Renfe.
- [6]. de la Cátedra, A. D. C. (1998). de Ferrocarriles José Manuel García Díaz de Villegas. *Universidad de Cantabria, España*.
- [7]. Lichtberger, B. (2011). *Manual de vía*. Eurailpress, DVV Media Group.
- [8]. Bugarin, M. D. R., & de Villegas, J. M. G. D. (1995). *Desvíos ferroviarios*. Ingeniería Cántabra.
- [9]. Norma ADIF Vía 3-6-6.0 Desvíos
- [10]. Norma ADIF vía 3-4-0.0 Balasto – Características determinativas de calidad